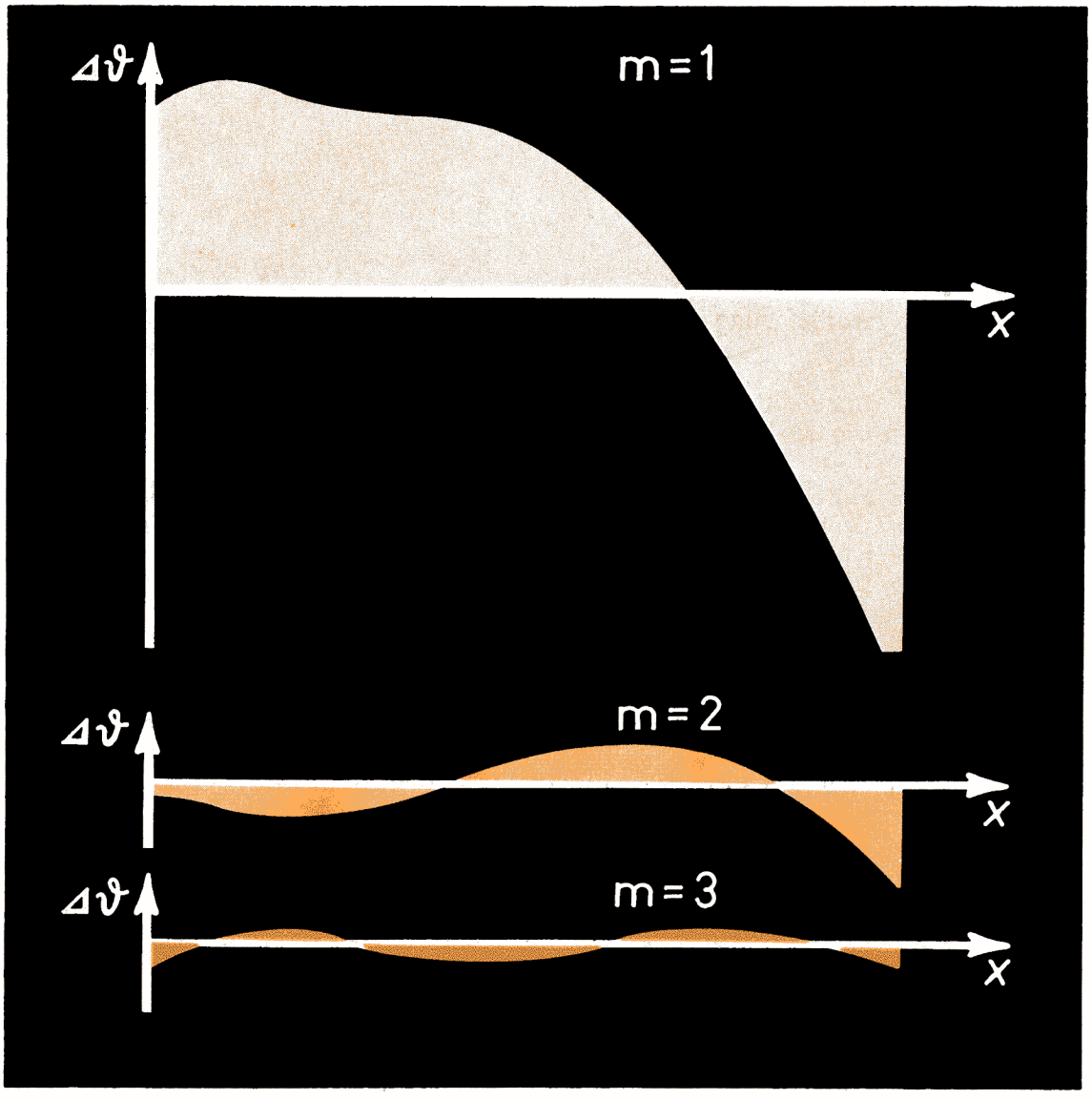
JJE

mt

11
1988

VEB
Ammendorfer
Plastwerk
Wissenschaftliche
Bibliothek - PSF 10
Halle - 4073

messen·steuern·regeln



VEB
Verlag Technik
Berlin
EVP: 4,- M

Mathematik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 35000 Wortstellen aus allen mathematischen Disziplinen. Zusammengestellt von Dipl.-Math. Ralf Sube und Prof. Dr. rer. nat. habil. Günther Eisenreich.

3., unveränderte Auflage. In zwei Bänden. 1460 Seiten, Kunstleder, Bde. I/II DDR 120,— M, Ausland 140,— DM Bestellangaben: 5532617/Sube, Wb. Mathematik

Strahlenschutz · Strahlenbiologie · Nuklearmedizin
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 12000 Wortstellen aus den Gebieten Strahlenschutz, Strahlenbiologie, Anwendung von Isotopen und ionisierenden Strahlungen in der Medizin, der Landwirtschaft und anderen Gebieten.

Zusammengestellt von Dipl.-Math. Ralf Sube. 1. Auflage. 476 Seiten, Kunstleder, DDR 48,— M, Ausland 78,— DM. Bestellangaben: 5534794/Sube, Wb. Strahlenschutz

Hochenergiephysik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 4500 Wortstellen aus der Hochenergiephysik (Elementarteilchen, Feldtheorien, Nachweis und Messung der Elementarteilchen, Teilchenbeschleuniger).

Zusammengestellt von Dipl.-Math. Ralf Sube. 1. Auflage. 164 Seiten, Kunstleder, DDR 22,— M, Ausland 36,— DM. Bestellangaben: 5537645/Sube, Hochenergiephysik

Umweltschutztechnik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 14000 Wortstellen aus den Gebieten Technologien, Geräte, Maschinen, Anlagen und Anlagensysteme der Umweltschutztechnik und deren Einsatz bei der Abwasserbehandlung, der Reinhaltung der Luft, der Abproduktbehandlung, des Lärmschutzes und des Küstenschutzes.

Herausgegeben von Prof. Dr. Egon Seidel. 1. Auflage. 528 Seiten, Kunstleder, DDR 52,— M, Ausland 80,— DM. Bestellangaben: 5535762/Seidel, Wb. Umweltschutz

Vielsprachige Wörterbücher für Wissenschaft und Technik

Eine Auswahl

Auslieferung durch den Fachbuchhandel

Chromatographie
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 3500 Wortstellen aus allen Zweigen der chromatographischen Verfahren unter besonderer Berücksichtigung der Geräte und Ausrüstungen. Die Auflage wurde erweitert und neuen Anforderungen bis hin zum Einsatz mikroelektronischer Bauelemente angepaßt.

Zusammengestellt von Dr. rer. nat. Hans-Peter Angelé. 2., stark bearbeitete Auflage. 136 Seiten, Kunstleder, DDR 22,— M, Ausland 22,— DM. Bestellangaben: 5532262/Angelé, Wb. Chromatog.

Informatik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 25000 Wortstellen aus den Gebieten allgemeine Grundlagen der Informatik, Softwareentwicklung, programmtechnische Realisierung, Datenerfassung, Datenverwaltung, Hardwarekomponenten, Systemzuverlässigkeit und Anwendungen der Informatik in Industrie und Wirtschaft.

Zusammengestellt von Prof. Dr.-Ing. habil. Erich Bürger. 1. Auflage. In zwei Bänden. 904 Seiten, Leinen, Bde. I/II DDR 92,— M, Ausland 140,— DM. Bestellangaben: 5539368/Bürger, Wb. Informatik

Optische Kommunikationstechnik
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch

Mit etwa 4000 Wortstellen aus folgenden Gebieten: optische Informationsübertragung, Komponenten, physikalische Grundlagen, Herstellung, Systeme, optische Informationsgewinnung und -verarbeitung.

Zusammengestellt von Dr.-Ing. Jens Peter Rehahn und Dipl.-Ing. Natalja Schäfer. 1. Auflage. 156 Seiten, Kunstleder, DDR 18,— M, Ausland 37,— DM. Bestellangaben: 5537709/Rehahn, Wb. Kommunikation

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

msr

messen·steuern·regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik

Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:
Dr. rer. nat. A. BORGWARDT, Prof. Dr. sc. techn. G. BRACK, Dipl.-Ing. H.-H. EHLERT, Prof. Dr. sc. techn. W. FRITZSCH, Prof. Dr. sc. techn. H. FUCHS, Dr. rer. nat. H. GENA, Dipl.-Ing. H. GOTTSCHALK, Dr.-Ing. K. HILSCHER, Prof. Dr.-Ing. habil. D. HOFMANN, Dr.-Ing. G. MEISTER, Dr.-Ing. J. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. R. MÜLLER, Prof. Dr. sc. techn. P. NEUMANN, Prof. Dr.-Ing. S. PILZ, Prof. em. Dr. sc. techn. Dr.-Ing. E. h. K. REINISCH, Prof. Dr. sc. techn. W. RICHTER, Dr.-Ing. H. SCHULZE, Prof. Dr. sc. techn. H. TÖPFER, Prof. Dr. sc. oec. G. VIEHWEGER, Prof. Dr. sc. techn. W. WELLER, Prof. Dr. sc. techn. J. WERNSTEDT

Zum Titelbild:

Die häufig nichtlinearen, zeitlich instabilen und exemplarabhängigen Meßfühlerkennlinien müssen i. allg. kalibriert und nachkalibriert werden, um die Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen und kleine Meßfehler zu gewährleisten. Mikrorechner eignen sich zur Kennlinienkalibrierung. Unser Titelbild zeigt Basisfunktionen der Kennlinien von Temperaturmeßfühlern. Näheres dazu vermittelt unser Beitrag auf S. 482.

Titelgrafik: G. SCHWESINGER

11

1988

31. Jahrgang
November 1988

ISSN 0026-0347

VEB
VERLAG TECHNIK
BERLIN

Aufsätze

H. Holub und *B. Michaelis*

Mikrorechnergestütztes Verfahren zur Kalibrierung, Nachkalibrierung und Linearisierung von Meßfühlerkennlinien 482

D. Balzer, W. Kriesel und *F. Müller*

Softwaretechnologie, Zuverlässigkeit und Sicherheit 486

J. Picht

Softwareproduktionsumgebungen — Stand und Entwicklungstendenzen 491

Ch. Anspach, J. Hoffmann, R. Keil und *H. Schneider*

Aufgaben der Organisationsprojektierung unter den Bedingungen der Automatisierung 495

G. Voigt

Stand und Tendenzen automatisierter Systeme der Leitung in der Industrie 502

M. Radtke

Block-Frobenius-Normalformen für diskontinuierliche T-Systeme 509

Tagungen und Kolloquien 513

Interview 515

Dissertationen 516

msr stellt vor 517

Buchbesprechungen 524

Neue Bücher aus der UdSSR 528

Vorschau und Kurzinformationen 3. US

H. Holub, B. Michaelis

Mikrorechnergestütztes Verfahren zur Kalibrierung, Nachkalibrierung und Linearisierung von Meßfühlerkennlinien

0. Einleitung

Die Kennlinien von Meßfühlern sind häufig nichtlinear, zeitlich instabil und exemplarabhängig. Um die Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen sowie kleine Meßfehler zu gewährleisten, muß die konkrete Kennlinie eines eingesetzten Meßfühlers bestimmt werden (Kalibrierung). Eine Methode zur effektiven Kalibrierung und Nachkalibrierung unter Verwendung eines Mikrorechners besteht in der Approximation der Kennlinie durch eine Reihenentwicklung mit problemspezifischen Entwicklungsfunktionen.
Ein Verfahren zur Gewinnung spezieller Entwicklungsfunktionen wurde in [1] vorgestellt. Eigenschaften und Vorteile einer Approximation mit problemspezifischen Entwicklungsfunktionen sowie praktisch erzielte Ergebnisse werden nachfolgend an zwei Beispielen erläutert.

1. Kennlinienlinearisierung durch Kalibrierung der Kennlinie

Wegen des allgemein nichtlinearen Zusammenhanges zwischen Meß- und Abbildungsgröße ist die Abbildungsgröße nicht unmittelbar zur Anzeige bzw. Weiterverarbeitung des Meßwertes geeignet. Um einen minimalen Fehler infolge der Nichtlinearität der Meßfühlerkennlinie zu erzielen, ist eine Kennlinienlinearisierung erforderlich.
Auf einfachste, wenn auch sehr zeitaufwendige und wenig effektive Weise wird die Linearisierung der Anzeige durch eine individuelle Skalenteilung vorgenommen. Das Ergebnis ist eine nichtlineare Skale.
Analog wird eine Kennlinienlinearisierung durch Korrekturnetzwerke oder nichtlineare Verstärkung erreicht. Durch zum Meßfühler inverses Verhalten der Korrekturglieder wird die Abbildungsgröße korrigiert (Bild 1a).
Bei der digitalen Meßwertverarbeitung wird die Linearisierung über die Kennlinienapproximation durchgeführt. Die Kennlinienapproximation wird entweder mittels Hardware durch elektronische Baugruppen oder mittels Software durch programmierbare Rechner realisiert. Für einen linearen Zusammenhang zwischen Meß- und Abbildungsgröße ist die inverse Meßfühlerkennlinie, die Kalibrierkennlinie, zur Berechnung zugrunde zu legen. Durch Berechnung des anzuzeigenden Wertes aus der Abbildungsgröße über die Kalibrierfunktion steht die Anzeige in linearem Zusammenhang mit der Meßgröße (Bild 1b).
Allen Linearisierungsverfahren ist gemeinsam, daß die Korrektur auf der Approximation der inversen Meßfühlerkennlinie aufbaut,

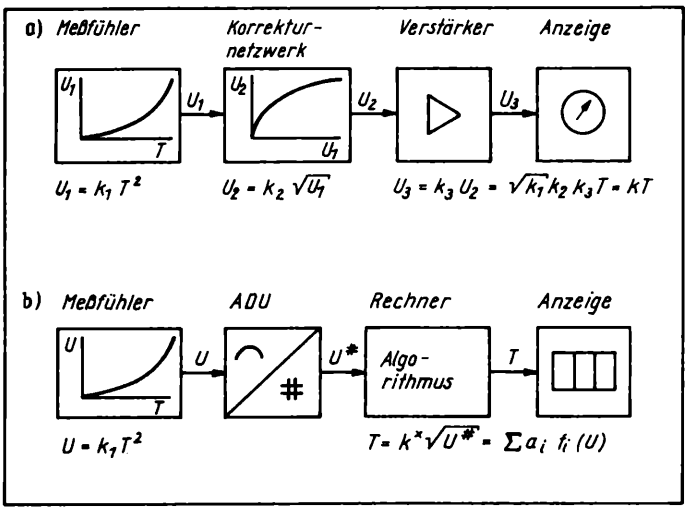


Bild 1. Kennlinienlinearisierung am Beispiel einer quadratischen Kennlinie
a) analog; b) digital (mit Rechner)

gleichgültig, ob diese durch einen mathematischen Ausdruck beschrieben oder durch elektronische Baugruppen realisiert wird. Als Ergebnis wird immer ein konstanter, von der Eingangsgröße unabhängiger Übertragungsfaktor der gesamten Meßkette vom Fühler bis zur Anzeige angestrebt. Die Bestimmung der inversen Meßfühlerkennlinie ist deshalb für die Kennlinienlinearisierung notwendig.
Grundsätzlich muß zwischen typisierter (typgebundener) und individueller (exemplargebundener) Linearisierung unterschieden werden. Bei der typisierten Linearisierung wird die Kennlinie mit einem bestimmten Toleranzschlauch für eine Gruppe von Meßfühlern vorgegeben. Eine Linearisierung ist relativ einfach durchzuführen.
Bei hohen Genauigkeitsforderungen ist eine individuelle Linearisierung erforderlich. Der exakte Kennlinienverlauf eines eingesetzten Meßfühlers ist nicht bekannt und muß durch Kalibrierung ermittelt werden. Die Kalibrierung ist deshalb bei einem Exemplarwechsel des Meßfühlers bzw. bei einer zeitlichen Veränderung der Meßfühlerkennlinie zu wiederholen. In diesem Fall ist die Kalibrierung die Voraussetzung für die Kennlinienlinearisierung.

2. Meßfühlerkalibrierung

Für die numerische Verarbeitung der nichtlinearen Zusammenhänge zwischen Meß- und Abbildungsgröße wird eine analytische Beschreibung der Kalibrierfunktion benötigt. Das ist prinzipiell aus einer Reihe gemessener Kalibrierwerte nach bekannten Methoden der Ausgleichsrechnung möglich [2], aber mit einem Mikrorechner bei akzeptablem Speicherplatz- und Rechenzeitaufwand kaum zu realisieren.
Bei der Ausgleichung durch Reihenentwicklung mit algebraischen oder transzendenten Funktionen nach der Gleichung

$$y_k(x) = \sum_{i=1}^{n} c_{ki} \psi_i(x) \qquad (1)$$

Dr.-Ing. Heinz Holub (45) studierte von 1961 bis 1967 Fernmeldetechnik an der TU Dresden. Seit 1967 wissenschaftlicher Assistent an der jetzigen TU „Otto von Guericke" Magdeburg (TUM), Sektion Automatisierungstechnik und Elektronik (SAE), Wissenschaftsbereich Prozeßmeßtechnik (WPMT). 1982 Promotion A.

Doz. Dr. sc. techn. Bernd Michaelis (39) studierte von 1966 bis 1971 Elektronik an der TH „Otto von Guericke" Magdeburg. Danach Forschungsstudium und Promotion A. Ab 1973 wissenschaftlicher Assistent im WPMT und Promotion B. Von 1980 bis 1983 Delegierung an das VIK Dubna (UdSSR). Seit 1984 Hochschuldozent für Prozeßmeßtechnik an der TU Magdeburg.

ist die Größenordnung der Koeffizienten c_{ki} ohne weitere Voraussetzung für die $\psi_i(x)$ nicht vorhersagbar, und diese sind mit großer Stellenzahl zu bestimmen [3] bis [5]. Außerdem sind für die Berechnung einer Ausgleichkurve verhältnismäßig viele Kalibrierwerte erforderlich. Für die praktische Anwendung bestehen aber die Forderungen:

- Approximation realer Kennlinien bei kleinem Fehler mit wenigen Kalibrierwerten (Kalibrierung)
- Korrektur der Kalibrierkurve mit nur einigen Kalibrierwerten (Nachkalibrierung)
- Kalibrierung, Nachkalibrierung und Kennlinienlinearisierung mit einem Mikrorechner.

Diese Forderungen können erfüllt werden, wenn zur Beschreibung der Kennlinien angepaßte Entwicklungsfunktionen bzw. Basisfunktionen verwendet werden. Vorhandene Information über den Kennlinienverlauf wird mittels modifizierter Karhunen-Loeve-Transformation einer Redundanzreduktion unterzogen. Das führt auf ein Eigenwertproblem, mit dessen Lösung die neuen Entwicklungsfunktionen zur Verfügung stehen [1].
Die Approximation erfolgt durch eine lineare Entwicklung der Form

$$\tilde{y}_k(x) = \sum_{i=1}^{n} a_{ki} f_i(x) . \qquad (2)$$

Die $f_i(x)$ sind die Basisfunktionen und die a_{ki} die zugehörigen Koeffizienten. Der Index k kennzeichnet eine bestimmte Kalibrierkurve. Die Basisfunktionen sind orthonormiert und so ermittelt, daß die Information über den Kennlinienverlauf in den ersten Basisfunktionen konzentriert ist.
Die Kennlinienapproximation mit den oben eingeführten Basisfunktionen weist folgende Eigenschaften auf:

- Die erste Basisfunktion $f_1(x)$ hat den größten Anteil an der Beschreibung. Sie gibt den charakteristischen Kennlinienverlauf wieder.
- Die Koeffizienten a_{ki} einer Kennlinie sind unkorreliert. Sie ergeben sich bei der Kalibrierung weitgehend unabhängig von der Anzahl m der Basisfunktionen, die an der Approximation beteiligt sind.
- Auch bei verkürzter Reihe ($m < n$) ergibt sich die beste Approximation im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate für die vorgegebene Anzahl von Gliedern.

Aufgrund dieser Eigenschaften liefern die ersten Koeffizienten den wesentlichen Anteil bei der Approximation ($a_1 > a_2 > \ldots > a_n$).

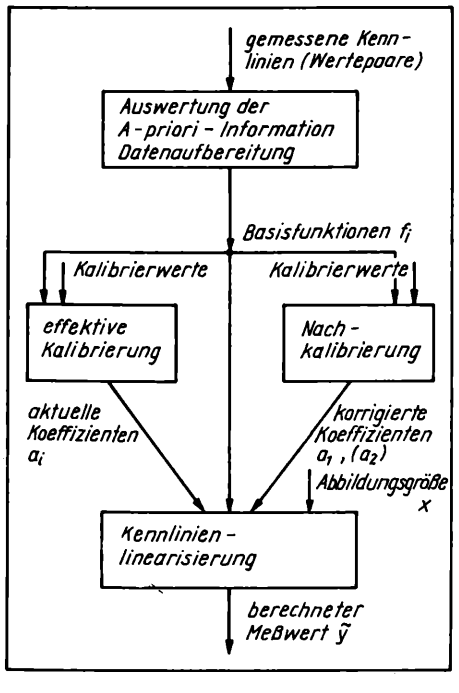


Bild 2. Algorithmus zur Approximation mit Basisfunktionen

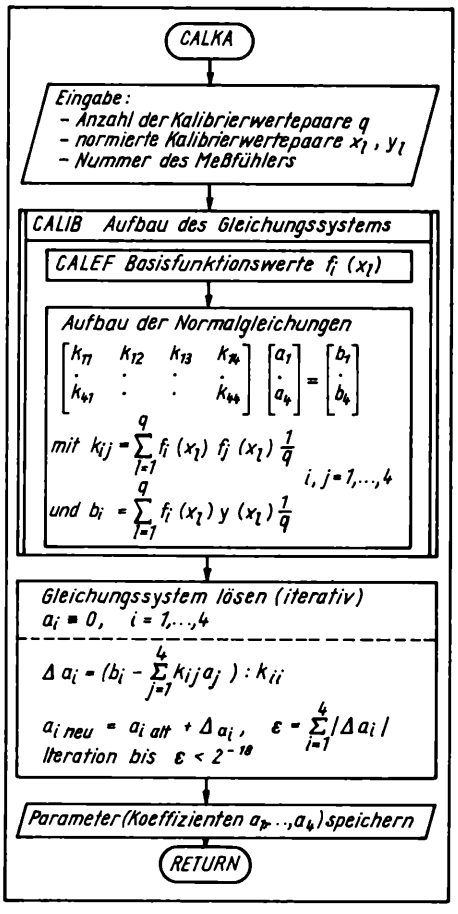


Bild 3. Programmablaufplan zur Kalibrierung

Dadurch kann die Reihe nach wenigen Gliedern abgebrochen werden. Die Anzahl der Koeffizienten und damit die Anzahl der erforderlichen Kalibrierwerte ist verhältnismäßig klein. Durch die Nutzung von A-priori-Information sind grobe Fehlapproximationen auch bei sehr wenigen Kalibrierwerten nahezu ausgeschlossen.

3. Algorithmisches Konzept

Die Basisfunktionen für die Kennlinienapproximation werden aus einer Anzahl experimentell ermittelter Kennlinien gewonnen. Diese Kennlinien müssen für das Meßproblem repräsentativ sein und die typischen Varianten wiedergeben. Die Meßdaten werden ausgewertet und liefern die A-priori-Information über den charakteristischen Kennlinienverlauf. Die A-priori-Information ist problemspezifisch und in den Basisfunktionen enthalten. Die Basisfunktionen werden im Mikrorechner in rechentechnisch günstiger Form als Tabelle gespeichert.
Die Datenaufbereitung erfolgt einmalig auf einem Großrechner. Der Algorithmus dafür ist in [1] ausführlich beschrieben. Der Algorithmus für den Mikrorechner besteht aus 3 Teilen, der Kalibrierung, der Nachkalibrierung und der Kennlinienlinearisierung (Bild 2).
Die Kalibrierung eines Meßfühlers ist in der Regel einmalig zu Beginn seines Einsatzes erforderlich. Mit einer Anzahl von Kalibrierwerten werden die aktuellen Entwicklungskoeffizienten a_i zur Approximation der konkreten Kalibrierkennlinie für den eingesetzten Meßfühler berechnet. Dazu werden die Gaußschen Normalgleichungen aufgebaut. Wegen der Orthogonalität der Basisfunktionen kann der rechentechnisch aufwendige Gaußsche Algorithmus zur Lösung des Gleichungssystems durch ein Iterationsverfahren ersetzt werden. Die berechneten Koeffizienten a_i werden im Mikrorechner unverlierbar gespeichert. Sie repräsentieren zusammen mit den Basisfunktionen den aktuellen Kennlinienverlauf. Der Ablauf des Kalibriervorganges ist im Bild 3 dargestellt.
Die Nachkalibrierung eines Meßfühlers wird durchgeführt, wenn sich seine Kennlinie infolge von Alterung, Drift oder anderen Ursachen verändert hat. Dabei wird davon ausgegangen, daß Einflußgrößen zwar die Kennlinie, aber nicht deren Charakteristik ver-

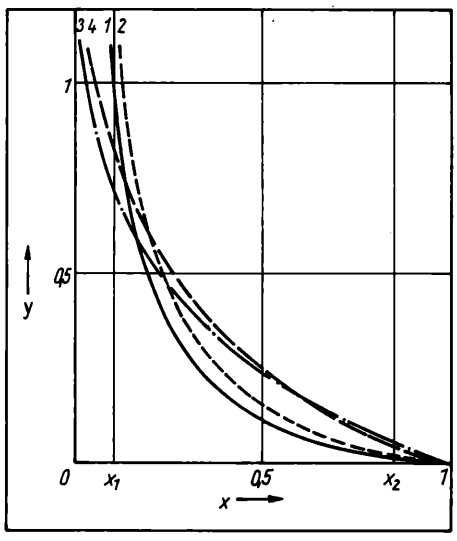


Bild 4. Kalibrierkennlinien bei der Flächenmassemessung
x normierte Spannung am Detektor; y normierte Flächenmasse;
1 Krypton-Bremsstrahlen/Kupfer
2 Krypton-Bremsstrahlen/Stahl } Gruppe 1;
3 Krypton/Aluminium
4 Americium/Stahl } Gruppe 2

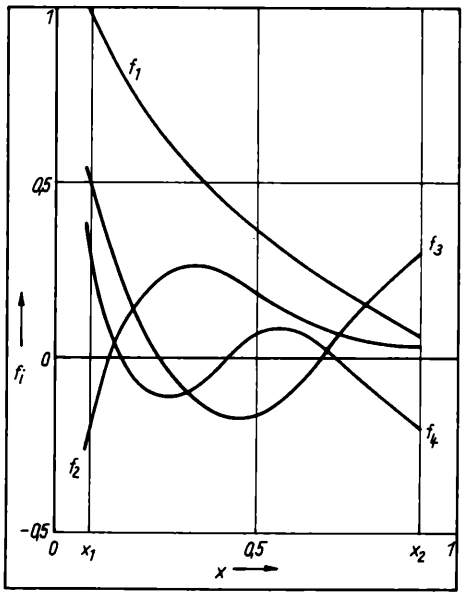


Bild 5. Verlauf der Basisfunktionen (Gruppe 2)

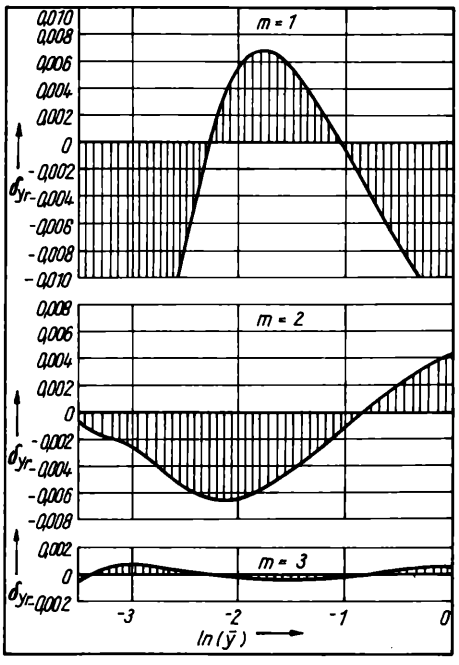


Bild 6. Verlauf der relativen Abweichung gegenüber der Grundapproximation in Abhängigkeit von der Anzahl m der Glieder bei der Reihenentwicklung

ändern. Da die ersten Basisfunktionen den wesentlichen Anteil zur Beschreibung der Kennlinie beitragen und die Koeffizienten unkorreliert sind, werden nicht alle, sondern nur die ersten beiden oder nur der erste Entwicklungskoeffizient neu berechnet. Die restlichen werden unverändert beibehalten. Auf diese Weise ist es möglich, mit wenigen, speziell mit einem oder zwei Kalibrierwerten auszukommen.

Die Kennlinienlinearisierung ist Bestandteil der Echtzeitverarbeitung. In der Meßphase wird die Abbildungsgröße x gemessen und aus dieser die Meßgröße $\tilde{y}$ nach (2) berechnet. Reicht die Rechenzeit in der Meßphase nicht aus, die Meßgröße unmittelbar nach (2) zu berechnen, ist ein Tabellenkonzept vorgesehen. Nach der Kalibrierung oder vor Beginn der Meßzyklen werden für den ganzen Meßbereich an äquidistanten Stützstellen die Werte der Kalibrierfunktion nach (2) berechnet und in Tabellenform gespeichert. Während der Meßphase wird der aktuelle Wert der Meßgröße durch lineare Interpolation aus der Tabelle ermittelt.

4. Ergebnisse der Approximation mit Basisfunktionen

4.1. Flächenmassemessung

Für die Flächenmassemessung mit Kernstrahlung wurden 20 Meßreihen [6] unterschiedlicher Meßeinrichtungen (Meßgeometrie) mit verschiedenen Strahlertypen (Beta-, Gamma- und Bremsstrahlen) und unterschiedlichen Materialien ausgewertet. Von der berührungsfreien Flächenmassemeßtechnik wird ein Meßbereich von etwa 10 bis $5 \cdot 10^5$ g/m^2 Flächenmasse überstrichen, also ein Bereich von über 4 Größenordnungen. Der Meßbereich einer Meßeinrichtung umfaßt eine Dickenvariation von etwa 1:40. Der normierte Kurvenverlauf einiger Strahler-Meßgut-Kombinationen ist im Bild 4 dargestellt.

Für die Grundapproximation der stark nichtlinearen, monoton fallenden Kurven erwiesen sich Exponentialfunktionen als besonders günstig. Außerdem wurde zur Erzielung einer hohen Redundanzreduktion eine Unterteilung nach der Strahlerart in 2 Gruppen vorgenommen, obwohl die gemeinsame Behandlung aller Meßreihen möglich ist. Die Zweckmäßigkeit der Unterteilung deutet sich durch den Kurvenverlauf (Bild 4) an und wird von Testrechnungen bestätigt. Die Grundapproximation nach (1) besteht aus 6 Gliedern. Eine Verlängerung der Reihe ($n > 6$) hat keine Verbesserung der Grundapproximationsergebnisse zur Folge.

Die Basisfunktionen wurden nach dem in [1] hergeleiteten Algorithmus ermittelt. Die ersten 4 Basisfunktionen der Gruppe 2 zeigt Bild 5. Es ist deutlich zu erkennen, daß die erste Basisfunktion den prinzipiellen Kennlinienverlauf wiedergibt. Die weiteren Basisfunktionen bewirken Korrekturen, die schließlich die Eigenheiten einzelner Kennlinien bzw. deren Unterschiede zueinander kennzeichnen. Der Beitrag, den die zu den kleinsten Eigenwerten gehörenden Basisfunktionen leisten, ist so gering, daß er vernachlässigt werden kann. Bei der Reihenentwicklung nach (2) können diese Glieder weggelassen werden. Bei der Approximation mit den Basisfunktionen zeigen die Koeffizienten a_{ki} das erwartete Verhalten. Ihre Beiträge nehmen mit laufendem Index i rasch ab. Tafel 1 enthält Zahlenbeispiele aus [7].

Die schnelle Konvergenz der Reihenentwicklung mit Basisfunktionen ist aus den Kurven im Bild 6 ersichtlich. Ein Beispiel aus der Gruppe 1 wurde bereits in [1] vorgestellt. In den Diagrammen ist die Abweichung der verkürzten Reihenentwicklung mit Basisfunktionen gegenüber der Grundapproximation aufgetragen. Für einen mittleren relativen Approximationsfehler von $<2‰$ bei allen 20 Kennlinien kann die Reihe nach 3 Gliedern abgebrochen werden. Der 4. Term und erst recht die weiteren bringen keine nennenswerte Verbesserung der Beschreibung. Da die Grundapproximation aus 6 Gliedern besteht, kann die Reihe mit Basisfunktionen auf die Hälfte verkürzt werden. Damit sind nur etwa halb soviel Kalibrierwerte erforderlich wie bei der Grundapproximation.

Bei der Flächenmassemessung ist eine zyklische Nachkalibrierung erforderlich, um den permanenten Rückgang der Meßempfindlich-

Tafel 1. Parameter der Flächenmassemessung

Koeffizienten der Grundapproximation nach (1)					
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
1,1873	0,3780	2,7200	−0,2354	0,0048	−1,3855
Eigenwerte der ausgewerteten Kalibrierkurvenschar					
λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
$4{,}1 \cdot 10^{-2}$	$2{,}0 \cdot 10^{-4}$	$8{,}5 \cdot 10^{-6}$	$6{,}3 \cdot 10^{-7}$	$7{,}6 \cdot 10^{-8}$	$2{,}1 \cdot 10^{-10}$
Koeffizienten der Reihenentwicklung mit Basisfunktionen nach (2)					
a_1	a_2	a_3	a_4		
0,4163	−0,0327	0,0064	−0,0002		

Tafel 2. Parameter der Temperaturmessung

Koeffizienten der Grundapproximation nach (1)					
c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0,0052	0,8357	1,5142	−6,0793	11,3469	−10,1581
Eigenwerte der ausgewerteten Kalibrierkurvenschar					
λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
$2{,}3 \cdot 10^{-1}$	$8{,}8 \cdot 10^{-5}$	$1{,}4 \cdot 10^{-6}$	$3{,}7 \cdot 10^{-7}$	$1{,}8 \cdot 10^{-7}$	$4{,}1 \cdot 10^{-8}$
Koeffizienten der Reihenentwicklung mit Basisfunktionen nach (2)					
a_1	a_2	a_3	a_4		
0,47713	0,00508	0,00094	0,00003		

keit zu kompensieren, der durch den Aktivitätsabfall der Strahlungsquellen und den damit verbundenen Abfall der Strahlungsintensität verursacht wird.

Im Beispiel (Bild 7) wird als zeitliche Veränderung die Abweichung zweier Kennlinien voneinander angesehen. Der gesamte Meßbereich, ein Verhältnis der Flächenmasse von 1:37, wird mit nur 3 Kalibrierwerten nachkalibriert. Die Pfeile kennzeichnen die Stützstellen der Kalibrierwerte. Zur Korrektur eines Teilbereiches der Kennlinie ist 1 Kalibrierwert ausreichend.

4.2. Temperaturmessung

Zur Gewinnung von Basisfunktionen für die Temperaturmessung wurden die Kennlinien von 14 NiCr—Ni-Mantelthermoelementen ausgewertet. Um eine größere Kennlinienvielfalt zu erhalten, wurden die Grundwertreihen von NiCr—Ni- und PtRh—Pt-Thermopaaren für den ganzen Meßbereich und zusätzlich für Teilbereiche in die Auswertung einbezogen. Bei der Grundapproximation mit Polynomen 6. Grades ($n = 7$) wird ein mittlerer Beschreibungsfehler $<0{,}5$ K erreicht.

Bild 8 zeigt den Variationsbereich der Kalibrierkennlinien (normierte Darstellung) und die ermittelten Basisfunktionen. Zahlen für dieses Anwendungsbeispiel sind in der Tafel 2 aufgelistet. Die Abstufung der Eigenwerte läßt erwarten, daß die Reihe mit Basisfunktionen noch schneller konvergiert als bei dem Beispiel im Abschn. 4.1. Diese Aussage wird durch die Koeffizienten a_{ki} bestätigt. Mit 2 Gliedern der Reihenentwicklung liegt der mittlere absolute Approximationsfehler unter 1 K. Nur die maximalen Fehler, und zwar vorwiegend an den Bereichsenden, sind noch zu groß. Mit 3 Basisfunktionen werden die Kennlinien in den angestrebten Fehlergrenzen beschrieben (Bild 9).

Auch bei diesem Anwendungsbeispiel ist eine problemlose Nachkalibrierung mit 2 oder 3 Kalibrierwerten möglich. Einzelheiten sowie weitere Bilder und Tafeln sind in [7] zu finden.

Der Speicherplatzbedarf und die Rechenzeit der erstellten Programme, die den Algorithmus für den Mikrorechner K 1520 realisieren, sind in der Tafel 3 angegeben.

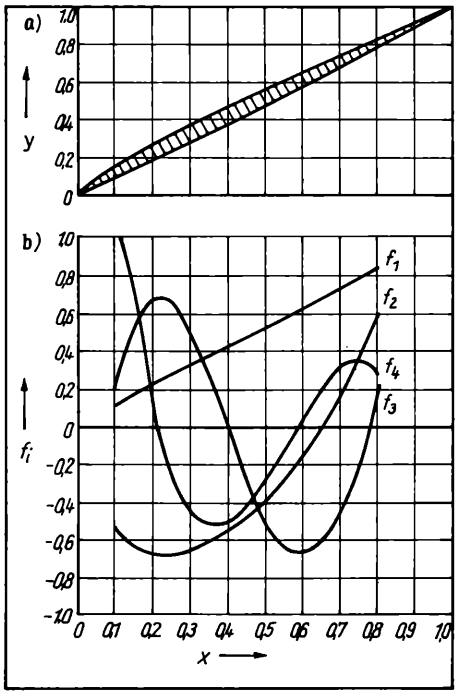


Bild 8.
Variationsbereich der Kalibrierkennlinien (a) und Verlauf der Basisfunktionen ($0{,}5 f_i$) (b) bei der Temperaturmessung
x normierte Spannung; y normierte Temperatur

Zusammenfassung

Bei der Kennlinienapproximation durch angepaßte Entwicklungsfunktionen wird die Anzahl der freien Parameter eingeschränkt. Deshalb ist die Anzahl der erforderlichen Werte bei der Kalibrierung kleiner als bei üblichen Verfahren (effektive Kalibrierung). Es ergeben sich unkorrelierte Entwicklungskoeffizienten für eine schnell konvergierende Reihe. Dadurch ist eine Nachkalibrierung mit sehr wenigen Meßwerten möglich.

Die getrennte Problemaufbereitung mittels Großrechner führt auf einfache Algorithmen für den Mikrorechner. Mit dem beschriebenen Verfahren zur Kalibrierung und Nachkalibrierung von Meßfühlern, das die Kennlinienlinearisierung einschließt, werden die Forderung nach erhöhter Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen erfüllt und eine Prozeßführung in engen Toleranzen ermöglicht.

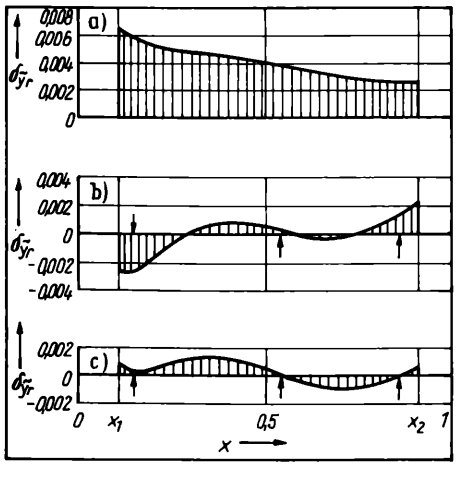


Bild 7.
Nachkalibrierung mit 3 Kalibrierwerten
a) Abweichung vom Sollverlauf; b) Abweichung nach Korrektur des ersten Entwicklungskoeffizienten; c) Abweichung nach Korrektur des ersten und zweiten Entwicklungskoeffizienten

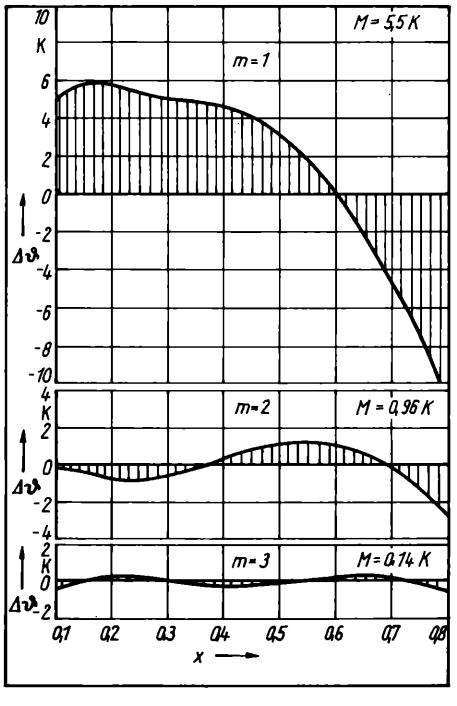


Bild 9.
Verlauf der absoluten Abweichung gegenüber der Grundapproximation bei verkürzter Reihe

Tafel 3. Speicherplatzbedarf und Rechenzeit der Mikrorechnerprogramme (K 1520)

Bezeichnung	Speicherumfang in byte	Rechenzeit in ms
Tabelle der Basisfunktionswerte	267	—
Kubische Interpolation der $f_i(x)$	332	16
Kalibrierung	581	≈ 2000
Nachkalibrierung	599	310
Kennlinienlinearisierung	150	19
3-byte-FK-Arithmetik	365	—
Arbeitsspeicher	200	—
Tabellenkonzept für schnelle Echtzeitverarbeitung		
Stützwerte der Kalibrierkennlinie	322	≈ 5000
Lineare Interpolation in der Meßphase	91	0,74

Literatur

[1] MICHAELIS, B.; HOLUB, H.: Ein Verfahren zur Linearisierung nichtlinearer Kennlinien und effektiven Kalibrierung unter Nutzung von A-priori-Information. msr, Berlin 25 (1982) 7, S. 365—367.

[2] LUDWIG, R.: Methoden der Fehler- und Ausgleichsrechnung. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1969.

[3] BREIER, J.; u. a.: Ein Rechenalgorithmus zur Auswahl eines Approximationspolynoms. msr, Berlin 21 (1978) 1, S. 4—5.

[4] SCHARLIPP, M.: Hauptkennwerte und Prüfverfahren für Widerstandsthermometer und Thermoelemente im RGW vereinheitlicht. msr, Berlin 22 (1979) 12, S. 662—667.

[5] BEHNKE, H.: Meß- und Kalibriersystem: Kennlinien in Form. industrie-elektrik + elektronik 32 (1987) 6, S. 8—10.

[6] LÖBER, C.: Analoge sowie digitale Methoden der Meßwertverarbeitung bei der industriellen Flächenmassemessung mit Kernstrahlung. Dissertation A, TH Magdeburg 1975.

[7] HOLUB, H.: Mikrorechnergestützte Methode zur Kalibrierung und Nachkalibrierung von Meßfühlern. Dissertation A, TH Magdeburg 1982.

msr 8869

D. Balzer, W. Kriesel, F. Müller

Softwaretechnologie, Zuverlässigkeit und Sicherheit

0. Problemorientierung

In modernen automatisierten Produktionsprozessen der Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik, der Elektroindustrie, des Maschinenbaus, der Energietechnik, des Bauwesens usw. geht in zunehmendem Maße die Rechentechnik als programmierbarer Bestandteil in die Automatisierungssysteme ein. Damit kommt es zwangsläufig zu einer bedeutenden Erhöhung des Anteils der Software am Gesamtaufwand für die Vorbereitung und das Betreiben von Produktionsprozessen. Die Software ist heute zu einem qualitätsbestimmenden Element moderner Automatisierungsanlagen geworden. Dabei hat der Anteil der Software an den Gesamtkosten der Automatisierungstechnik teilweise bereits 50% erreicht.

Prof. Dr. sc. techn. DIETRICH BALZER (47) studierte von 1961 bis 1965 Automatisierungstechnik am Leningrader Technologischen Institut (LTI). Danach Aspirant am LTI. 1969 Promotion A, 1976 Promotion B. 1969 bis 1975 stellvertretender Direktor des Automatisierungs- und Rationalisierungszentrums im VEB PCK Schwedt. 1975 Berufung zum Dozenten an die Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig. 1978 Berufung zum ordentlichen Professor. Seit 1979 Prorektor für Naturwissenschaften und Technik an der TH Leipzig.

Prof. Dr. sc. phil. WERNER KRIESEL (47) studierte von 1959 bis 1964 Regelungstechnik an der TH Magdeburg. Anschließend als Entwicklungsingenieur, Abteilungsleiter und stellv. Bereichsleiter im Institut für Regelungstechnik Berlin, dort u. a. an Entwicklung und Einsatz des Systems ursamat® beteiligt. 1968 Promotion A. 1971 Berufung zum Hochschuldozenten für Automatisierungstechnik an die TH Magdeburg, Sektion Technische Kybernetik und Elektrotechnik, dort von 1976 bis 1979 stellvertretender Sektionsdirektor für Forschung. 1978 Promotion B. 1979 Berufung zum o. Professor für Automatisierungstechnik an die TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, dort seit 1981 stellvertretender Sektionsdirektor für Forschung.

Dr.-Ing. FRANK MÜLLER (36) studierte von 1974 bis 1978 an der Sektion Informationstechnik, Bereich Nachrichten- und Rechentechnik, der TU Dresden. Danach wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Prozeßrechentechnik im Bereich Reaktorphysik des Zentralinstituts für Kernforschung Rossendorf der AdW der DDR. Seit 1988 dort Hauptabteilungsleiter im Direktionsbereich Wissenschaftlicher Gerätebau. 1988 Promotion A.

Bei Betrachtung der gesamten Elektroindustrie (Elektrotechnik und Elektronik einschließlich Automatisierungstechnik) kann bei einer jährlichen Steigerungsrate der Warenproduktion von insgesamt etwa 6% eine Steigerungsrate der Software innerhalb dieses Industriezweiges von ungefähr 20% festgestellt werden. Der verstärkte Einsatz von Software schafft gleichzeitig die Möglichkeit, die überwiegend „starre" Massenproduktion des industriellen Zeitalters in eine stärker „individuelle" Produktion auf hohem technologischen Niveau zu wandeln (Bild 1). Die damit verbundene Entwicklung der Produktivkräfte gestattet es, eine hohe Erneuerungsrate der Produktion bei gleichzeitiger Optimierung ökonomischer Parameter zu gewährleisten. Ausdruck dieser revolutionären Veränderung der Produktivkräfte sind z. B. flexible Mehrproduktanlagen bei Fließgutprozessen, Systeme mit flexibler Automatisierung bei Stückgutprozessen (insbesondere Industrierobotersysteme in der Fertigung sowie bei Umschlag- und Lagerprozessen). Diese Tendenzen der Produktivkraftentwicklung bedingen einen generellen Strukturwandel in der Automatisierung [1] und führen objektiv dazu, daß sich der Umfang der eingesetzten Software weiter erhöhen muß, um den volkswirtschaftlichen Aufgaben insgesamt gerecht zu werden.

Wegen der entscheidenden Bedeutungszunahme der Software vergrößert sich potentiell die Kluft zwischen der nur langsam wachsenden Produktivität bei der Entwicklung und Wartung von Software einerseits und dem wachsenden Umfang der durch Software zu lösenden Automatisierungsaufgaben auf der anderen Seite (Prozeßstabilisierung, -sicherung und -optimierung, operative Lenkung, Planung und Abrechnung). Zur Lösung dieses Konfliktes ist es notwendig, die *automatisierungsspezifische Softwaretechnologie* als Theorie weiterzuentwickeln und in die Praxis einzuführen. Dabei ist die enge Verbindung zwischen Informatik und Automatisierung zu beachten. Der erreichte internationale Stand auf dem Gebiet der Softwaretechnologie kann z. B. durch folgende Zahlen charakterisiert werden:

1. Die Menge an Softwareprodukten steigt jährlich um 10 bis 15% bei einer jährlichen Produktivitätssteigerung der Softwareentwicklung um nur 3 bis 6%.

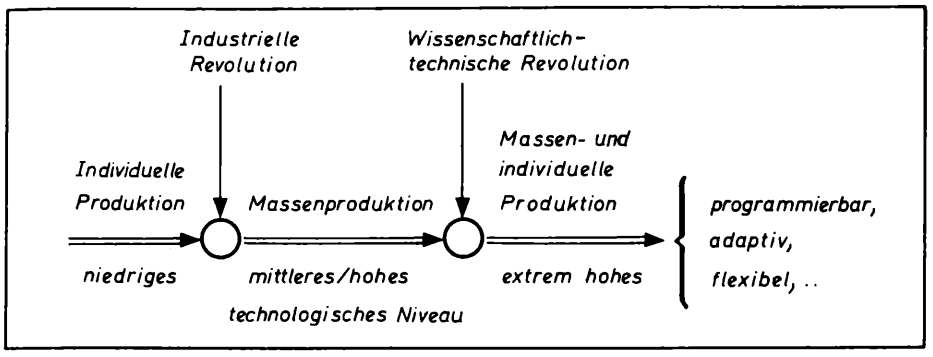


Bild 1. Einfluß der Rechen- und Automatisierungstechnik auf die Produktivkraftentwicklung

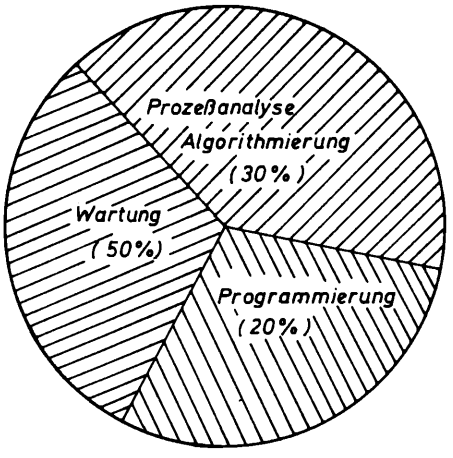


Bild 2. Etappen der Softwaretechnologie

2. Die Produktivität der Softwareproduktion ist stark qualifikationsabhängig (Schwankungen von 25:1), was auf große Reserven hinweist.
3. Die Fehlerhäufigkeit beträgt 3 bis 5 Fehler/100 Befehle.
4. Für die Qualitätssicherung der Software müssen 30 bis 40% der Herstellungskosten aufgewendet werden.

1. Grundkonzept der automatisierungsspezifischen Softwaretechnologie

Unter *Softwaretechnologie* wird die Gesamtheit aller Methoden und Verfahren zur Lösung der wissenschaftlichen und wissenschaftsorganisatorischen Probleme bei der Herstellung und Anwendung der Software verstanden. Die Softwaretechnologie besteht aus den Phasen: Prozeßanalyse, Algorithmierung, Programmierung, Wartung (Bild 2). Die Softwaretechnologie ist so zu gestalten, daß neben der Lösung quantitativer Probleme der Softwareproduktion (Erhöhung der Produktivität) vor allem auch folgende Qualitätsmerkmale der Software optimiert werden: Zuverlässigkeit, Sicherheit, Wiederverwendbarkeit, Nutzerfreundlichkeit, Änderbarkeit, Testbarkeit [2].

In modernen Automatisierungssystemen werden im wesentlichen zwei Kategorien bzw. Schichten der Software unterschieden: *hardwarenahe Basissoftware* (Aufgabe: Betreiben und Sichern der Funktionstüchtigkeit der Hardware) und *hardwareferne Applikationssoftware* (Aufgabe: Lösung von Automatisierungsaufgaben der technologischen Anlage). Ausgehend von einem einheitlichen Grundkonzept der Softwaretechnologie unterscheiden sich die konkreten Methoden und Werkzeuge zur Herstellung und Wartung der Software vor allem dadurch, daß es bei der Entwicklung der Basissoftware um die Steuerung der Informationsverarbeitungsprozesse innerhalb des Automatisierungssystems geht, während die Applikationssoftware für die Steuerung des unmittelbaren Produktionsprozesses eingesetzt wird. Das hat grundlegende Auswirkungen auf die Modellierungs- und Teststrategie des jeweiligen Softwareproduktionsprozesses.

Die Softwaretechnologie kann nur dann optimal sein, wenn (ähnlich wie bei anderen technischen Produkten) industrielle Herstellungsverfahren für Software eingesetzt werden. Dabei ist natürlich zu beachten, daß es sich hier um informationelle bzw. geistige Produkte handelt, wobei Software selbst auch rechnergestützt produziert werden muß. Bezogen auf Softwareerstellung als industrielle Warenproduktion läßt sich die Darstellung im Bild 3 wie folgt interpretieren. Für die Produktion von Software werden Softwarewerkzeuge (Expertensystem-Shells, Programme für Simulation, Übersetzung, Prüfung, Grafik usw.) eingesetzt, die selber wieder durch Softwarewerkzeuge produziert werden. Diese „Kette" der Werkzeugproduktion kann im Prinzip beliebig fortgesetzt werden, ohne an Genauigkeitsgrenzen zu stoßen, wie sie für „klassische" Werkzeuge, z. B. der Metallbearbeitung, typisch sind. Verallgemeinert können also vom Standpunkt des Softwareproduktionsprozesses folgende Beziehungen hergestellt werden:

Arbeitskraft	= Softwareentwickler
Arbeitsmittel	= Hardware- und Softwarewerkzeuge
Arbeitsgegenstand	= Idee bzw. Spezifikation, die im Laufe des Bearbeitungsprozesses in konkrete Software überführt wird.

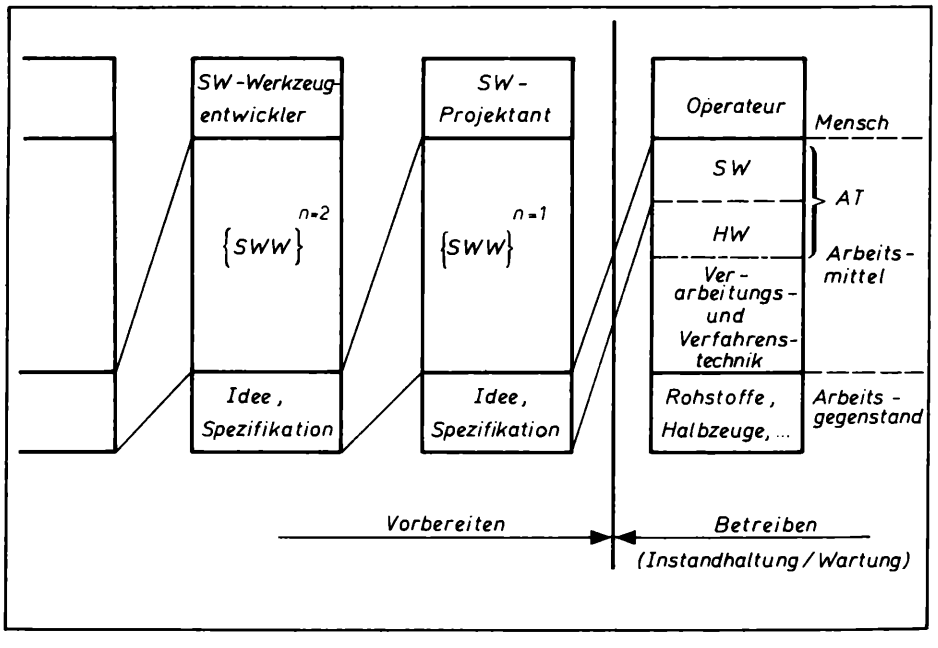


Bild 3. Grundkonzept der Softwaretechnologie und Softwareprojektierung
SW Software; *(SWW)*^{n} Softwarewerkzeuge *n*-ter Ordnung; *HW* Hardware; *AT* Automatisierungstechnik

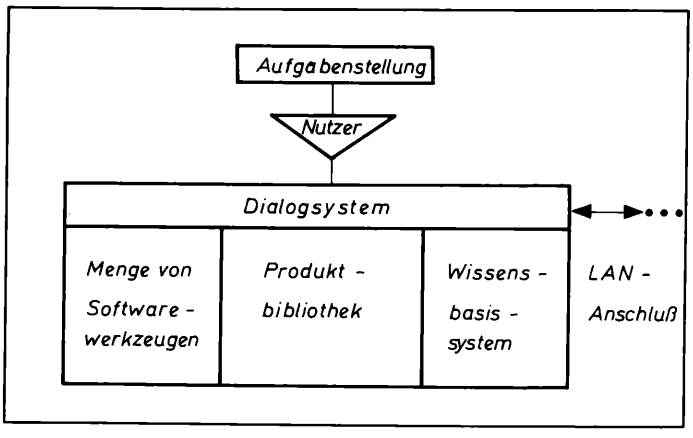


Bild 4. Struktur eines Arbeitsplatzes für einen Softwaretechnologen

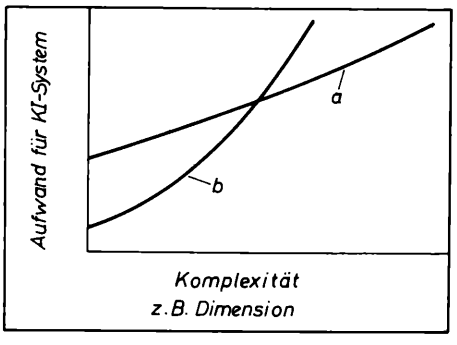


Bild 5. Verwendung vorhandener konventioneller Software in Expertensystemen
a) Verwendung vorhandener Software; b) ohne Verwendung vorhandener Software

Die Kriterien für eine optimale Softwaretechnologie sind, bezogen auf das Softwareprodukt:

Qualität → Max.!
Produktivität der Herstellung → Max.!
Effektivität der Anwendung → Max.!

Da es sich hier um teilweise widersprüchliche Forderungen handelt, muß ein optimaler Kompromiß gefunden werden (Polyoptimierung!).
Ausgehend von dem hier Gesagten, ergibt sich die im Bild 4 dargestellte Struktur einer Softwarearbeitsstation.
Besondere Bedeutung für eine optimale Softwaretechnologie hat der Einsatz von Elementen der künstlichen Intelligenz (KI) [3] und [4]. KI als Mittel der Softwareproduktion wird vor allem für die Lösung folgender Probleme eingesetzt:

— Aufgabenfindung und Spezifikation
— automatisches Programmieren
— Fehlersuche.

In diesem Fall geht es um die Erstellung „konventioneller Software" (KI als Mittel zur Problemlösung). Eine andere Möglichkeit des Einsatzes der KI besteht darin, die Probleme der Technischen Vorbereitung und der Steuerung generell mit Methoden der KI (z. B. in Form von Expertensystemen) zu lösen (KI als direkte Problemlösung). In diesem Fall handelt es sich darum, Software für ein Expertensystem zu erstellen. Das ist zweifellos eine komplizierte Aufgabe, bringt aber auch wesentliche Vorteile:

1. Die menschlichen Denkprozesse (einschließlich der Erfahrungen eines Experten) bei der Vorbereitung und Steuerung werden auf dem Rechner nachgebildet.
2. Neues Wissen kann ohne wesentliche Probleme in die Software eingefügt werden (auch Fehlerkorrekturen!), ohne eine völlige Neuprogrammierung durchführen zu müssen.

In der Zukunft wird es allerdings im wesentlichen hybride Systeme geben, die eine Verwendung bzw. Wiederverwendung vorhandener Software in einem KI-Rahmen ermöglichen. Das betrifft aus Effektivitätsgründen vor allem Softwaresysteme zur Lösung sehr komplexer technischer Probleme. Da das Einbinden bereits vorhandener „konventioneller Software" in einen KI-Rahmen mit Schwierigkeiten verbunden ist (unabhängig von der Menge der einzubindenden Softwaremodule), dürfte die Verwendung vorhandener Software erst ab einer gewissen Komplexität des Problems ökonomisch sinnvoll sein (Bild 5).
Der verstärkte Einsatz von Software und die zunehmende Anwendung von Methoden der Wissensverarbeitung (Expertensysteme) führen zu notwendigen Veränderungen in der Struktur des gesellschaftlichen Arbeitsvermögens des ingenieurtechnischen Personals, was natürlich auch entscheidende Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung an den Universitäten und Hochschulen hat. Dabei sind vor allem folgende Aspekte zu beachten:

1. Der Anteil der Arbeiten für die technisch-technologische Vorbereitung bei der Herstellung eines Produktes bzw. eines Erzeugnisses wächst ständig.
2. Der Anteil der Softwareprojektanten an der Gesamtzahl der Projektierungsingenieure erhöht sich.
3. Es müssen Kapazitäten für die Instandhaltung (Wartung) der Software geschaffen werden [13].
4. Bei jedem Ingenieur ist eine Kombination seiner Fachdisziplin mit Computerwissen zu erreichen.
5. Systemdenken bzw. abstraktes Denken ist zu fördern, was auf die stärkere Arbeitsteilung, auf die höhere Komplexität und auf den höheren Vergesellschaftungsgrad der Produktion zurückzuführen ist. Die Rolle der analytischen Fähigkeiten wächst gegenüber dem Faktenwissen.

2. Zuverlässigkeit und Sicherheit der Software

Besondere Bedeutung für die Gestaltung der Softwaretechnologie haben die Fragen der Zuverlässigkeit und Sicherheit. Um eine Optimierung dieser Qualitätsparameter zu erreichen, ist es zweckmäßig, für beide Softwareschichten eine getrennte quantitative Bewertung dieser Parameter vorzunehmen.
Unter *Softwarezuverlässigkeit* versteht man die Eigenschaft eines Softwareproduktes, innerhalb einer definierten Umgebung in einem festgelegten Zeitabschnitt die spezifizierten Funktionen zu erfüllen [5] und [6]. In Analogie zur Hardwarezuverlässigkeit stellt diese Größe ein komplexes Qualitätsmerkmal dar, für das z. B. auch der mittlere Ausfallabstand (MTBF bzw. MTTF), die Ausfall- und Reparaturraten sowie die Verfügbarkeit charakteristisch sind.
Unter *Sicherheit eines Softwareproduktes* versteht man dessen Eigenschaft, keine gefährlichen Zustände in seiner Umgebung zu erzeugen. Von besonderer Wichtigkeit ist diese Eigenschaft für Prozeßsicherungssysteme (z. B. in der Kernenergetik und der Verfahrenstechnik), wobei in diesem Fall das Gesamtsystem, bestehend aus Sicherungssystem und technologischer Anlage, zu betrachten ist [7].
Zur Qualifizierung der Softwarezuverlässigkeit wird eine Vielzahl analytischer Modelle eingesetzt, die in vier Modellklassen eingeteilt werden kann:

— Time-Between-Failure-Modelle (TBF-Modelle)
— Failure-Count-Modelle (FC-Modelle)
— Fault-Seeding-Modelle (FS-Modelle)
— Input-Domain-Based-Modelle (IDB-Modelle).

Eine vergleichende Bewertung dieser Modelle und die Voraussetzungen für deren Anwendung sind in [7] enthalten. Eine wesentliche Verbesserung der quantitativen Zuverlässigkeitsbewertung bei Software kann erreicht werden, wenn stochastische Informationen mit deterministischen Informationen über Strukturbeziehungen zwischen den Systemkomponenten miteinander verbunden werden, wie das bei der Bewertung der Hardwarezuverlässigkeit von Systemen bereits üblich ist. Für die Erhöhung der Zuverlässigkeit und Sicherheit der Software existieren mehrere Möglichkeiten (Bild 6).
Während die Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlern bereits umfangreich angewendet werden, sind die Methoden zur Begren-

zung der Fehlerwirksamkeit noch nicht ausreichend bekannt; die Hauptmethode ist der Diversitätsansatz zur Erzielung von Softwareredundanz. Unter *Softwarediversität* wird die Erstellung von Programmen mit gleicher Spezifikation unter Zuhilfenahme verschiedener Technologien (z. B. verschiedene Programmiersprachen) und/oder verschiedener Programmierer sowie die gemeinsame Nutzung dieser Programme im redundanten System verstanden. Es existieren folgende drei Hauptwege zur Erreichung einer Softwarediversität.

— *Recovery-Block-Konzept*

Durch den Blockaufruf wird ein normaler Algorithmus mit anschließendem „Acceptance test" abgearbeitet. Bei fehlerhaften Ergebnissen wird der „Standby 1-Block" mit gleichen Eingangsdaten und „Acceptance test" aufgerufen. Der Blockaufruf wird mit „Standby n-Block" mit korrekten Daten verlassen. Dieses Konzept ist mit der dynamischen Redundanz bei der Hardware vergleichbar und ist wirksam vor allem bei transienten Fehlern.

— *N-Version-Programmierung*

N verschiedene Versionen eines spezifizierten Programmes werden parallel abgearbeitet. Ein spezielles Regieprogramm übernimmt die Entscheidungsfunktion (Voter). Bei einer Mehrheitsentscheidung von $N = 2n + 1$ Versionen sind n fehlerhafte Versionen tolerierbar. Dieses Konzept ist mit der statischen Redundanz bei der Hardware vergleichbar und ist wirksam sowohl gegen permanente als auch gegen transiente Fehler.

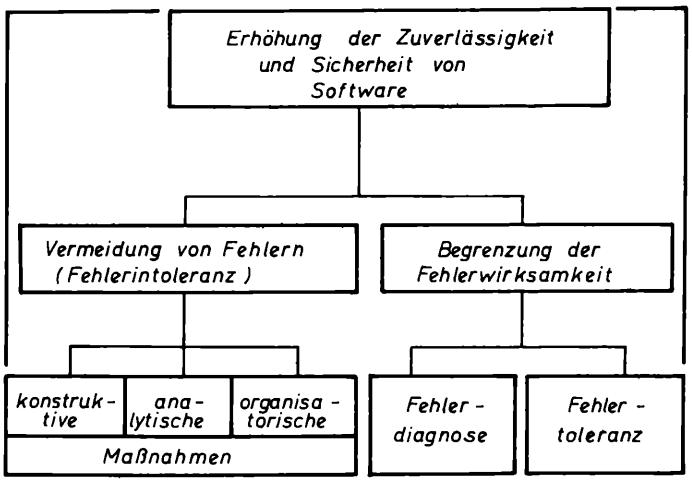


Bild 6. Möglichkeiten zur Erhöhung der Softwarezuverlässigkeit und -sicherheit

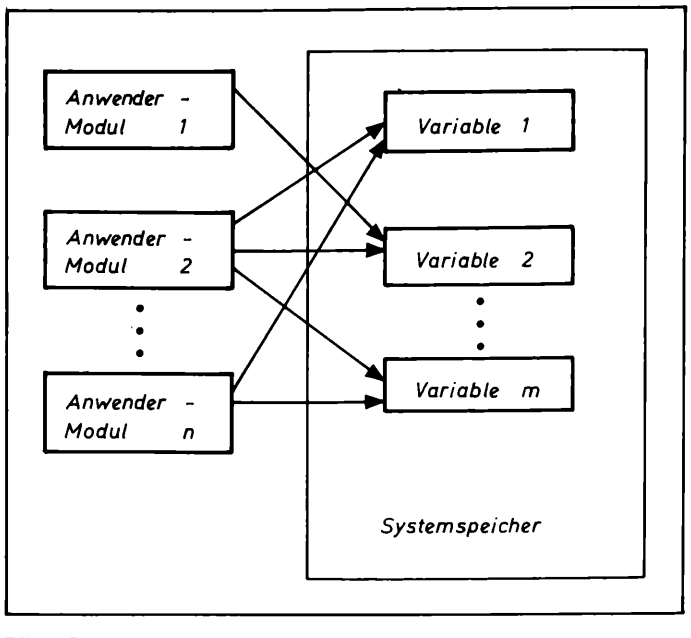


Bild 7. Ungeordneter Zugriff auf Speichervariable

Tafel. Vergleich verschiedener Diversitätsverfahren

Kriterien	Methoden		
	Recovery-Block	N-Version-Programmierung	zyklische Abwechslung
Fehlertoleranzfähigkeit	hoch	mittel	mittel/hoch
Adaptionszeit für Fehlertoleranz	lang (bei ER) hoch	bei ER: lang bei MR: kurz	kurz
Aufwand für erforderliche Erweiterung		sehr hoch	gering
Realisierung des Programmsystems	dem Anwender unzugänglich, schwierig	dem Anwender unzugänglich, schwierig	dem Anwender zugänglich, leicht
Einsatzgebiete	allgemein	allgemein	für Aufgaben in Fließgutprozessen

ER Einzelrechnersystem; MR Mehrrechnersystem

— *Konzept der „zyklischen Abwechslung"*

Der Grundgedanke besteht darin, daß es bei der Automatisierung kontinuierlicher Prozesse (sog. Fließgutprozesse) in vielen Fällen möglich ist, die Fehlerauswirkungen eines Stellsignals bis zu einem gewissen Grad durch nachfolgende Stellsignale auszugleichen (zu kompensieren). Dies gilt z. B. bei Regelungssystemen mit entsprechenden Zeitkonstanten. Die Auswirkungen eventueller Softwarefehler in den Regelungsalgorithmen können als Störungen im Regelkreis aufgefaßt werden, die durch nachfolgende Stellgrößen „ausgeregelt" werden. Die diversitären Programmalternativen werden dabei zyklisch abgewechselt.

Durch die Einführung des Begriffes der „Fehlertoleranzfähigkeit eines Programmes" (Wahrscheinlichkeit, daß ein Programm auch mit einer begrenzten Zahl fehlerhafter Unterprogramme für eine vorgegebene Anzahl von Eingabefällen unter festliegenden Eingabebedingungen die beabsichtigte Aufgabe erfüllt) läßt sich für die verschiedenen Hauptformen der Diversität eine qualitative Aussage zur Zuverlässigkeit des Programmsystems ableiten.
Die Tafel vergleicht die hier genannten Diversitätsverfahren. Nachfolgend wird am Beispiel der hardwarenahen Basissoftware die Redundanzart *Graceful Degradation*, die eine besondere Form des Recovery-Konzeptes mit gezielter Strukturveränderung darstellt, in ihrer Anwendung gezeigt.

3. Fehlertoleranz durch Softwaremaßnahmen

Der Einsatz prozeßnaher Automatisierungsmittel stellt bekanntlich besonders hohe Anforderungen an bestimmte Zuverlässigkeitsseiten, z. B. an die Verfügbarkeit des gesamten Teilsystems aus Hardware und der zugeordneten Basissoftware [7] und [8]. Aus diesem Grunde werden bestimmte Fehlertoleranzstrategien künftig zum Grundbestand der hardwarenahen Software, insbesondere auch für den Echtzeitbetrieb mit Mikroprozeßrechnern [9].
Die Redundanzart *Graceful Degradation* erfordert durch definierte Leistungsminderung im Störungsfall keine Mehrfachauslegung von Mikrorechner-Automatisierungsmitteln, sondern ist — im Unterschied zu klassischen Majoritäts- oder Standby-Systemen — weitgehend softwareorientiert. Darüber hinaus ist ein wesentliches Merkmal derartiger softwareorientierter Redundanzmaßnahmen, daß sie auch bei bereits vorhandenen Mikrorechner-Automatisierungssystemen nachgerüstet werden können. Hierdurch wird eine gewisse Fehlertoleranz durch Softwareerweiterung erreicht, ohne wesentliche Eingriffe in die Hardware und das Betriebssystem vornehmen zu müssen. Als Beispiel sei ausgeführt, wie Mikrorechner-Funktionseinheiten auch noch nachträglich fehlertolerant gegenüber Speicherfehlern gemacht werden können, um eine höhere Verfügbarkeit der Steuereinrichtung zu erlangen.

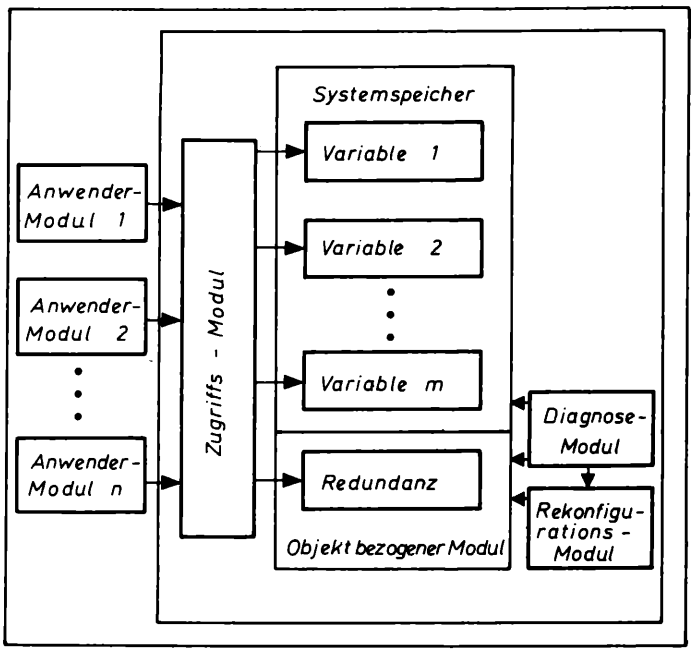


Bild 8. Fehlertoleranter Systemspeicher mit Entflechtung der Speicherzugriffe

Generell wird Fehlertoleranz in den typischen Realisierungsphasen

- Fehlerdiagnose (Erkennung und Lokalisierung)
- Rekonfiguration
- Wiederanlauf (Recovery)

erreicht.

Die *Fehlerdiagnose* besitzt naturgemäß entscheidende Bedeutung, weil nur auf solche Fehler selbsttätig reagiert werden kann, die zuvor diagnostiziert wurden [9].

Rekonfiguration bedeutet hier die Fähigkeit des Mikrorechnersystems, aufgrund des Diagnoseergebnisses seine Struktur zielgerichtet zu ändern. In Maschinenanweisungen der Software ist die Struktur jedoch auf Adressen abgebildet. Eine Rekonfiguration erfordert folglich Adressenänderungen, d. h. das System arbeitet beim *Wiederanlauf* unter Benutzung anderer Adressen unter definierten Bedingungen und mit gültigen Informationen weiter. Voraussetzung hierfür ist, daß die betroffenen Adressen (Relationen der Systemstruktur) identifizierbar sind.

Als Haupthindernis erweist sich hier bei vorhandenen Softwaresystemen die völlige Regellosigkeit bei Zugriffen auf Informationen, wie Reglerparameter, Modulverbindungsliste, Konfigurierbytes und andere Systemresourcen (Bild 7).

Speziell auf derartige Problemstellungen wird in der Informatik das Prinzip der objektorientierten Vorgehensweise angewendet. Das „Objekt" mit seinen möglichen Operationen wird derart zusammengefaßt, daß seine innere Organisation hinter einer Schnittstelle verborgen bleibt, also insbesondere auch die Strukturveränderungen bei der Rekonfiguration gegenüber dem übrigen System nicht sichtbar werden.

Für die Zuverlässigkeitsprobleme in der Automatik ist dieser Objektbegriff (abstrakte Datentypen, Datenkapseln) wegen der Hardwareberührung zunächst auch auf die stofflich-energetischen Informationsträger zu erweitern. Mit diesem Ansatz eignet sich die objektorientierte Vorgehensweise für die Rekonfiguration bei Systemkomponenten (Daten und deren Träger), die sich funktionell mit Softwaremitteln abgrenzen lassen, z. B. das Einsteuern von Redundanz bei Datenspeichern oder von diversitärer Software.

Mit Bild 8 wird die Realisierung partieller Fehlertoleranz am praktisch ausgeführten und erfolgreich betriebenen Beispiel eines in sich fehlertoleranten Speichers dargestellt, wie er in einer intelligenten Funktionseinheit mit Einchipmikrorechner U 882 eingesetzt wurde [10] bis [12]. Unabhängig von der Schaltkreisanordnung wird der gesamte RAM-Bereich als „Objekt" aufgefaßt, gekennzeichnet durch folgende „Operationen auf dem Objekt":

- Speichern und Lesen von Daten
- Diagnose auf Speicherfehler
- Rekonfiguration bei tolerierbaren Fehlern.

Die hierzu erforderlichen Softwarekomponenten sind im objektbezogenen Modul zusammengefaßt, dessen Funktionen aus dem übrigen System durch Parameterübergabe an der Schnittstelle (Zugriffsmodul) erreichbar sind. Die Diagnose erfolgt durch einen zerstörungsfreien Test (GALPAT II), der während des Echtzeitbetriebes zyklisch abläuft. Im Fehlerfall wird sofort nach dem Test der Inhalt der fehlerhaften Speicherzelle in den Redundanzbereich ausgelagert (vgl. Bild 8). Bei späterem Zugriff auf eine solche betroffene Variable wird automatisch der ausgelagerte Wert mit eingesteuert und der zugreifende Anwendermodul über eine mögliche Verfälschung informiert, so daß er eine problemabhängige Plausibilitätsprüfung veranlassen kann.

Bei so einem fehlertoleranten Systemspeicher verlängert sich in Abhängigkeit von der Anzahl der Fehler die Zugriffszeit gegenüber einem direkten Speicherzugriff infolge der zusätzlich eingeführten Schnittstelle; dies ist beim Echtzeitbetrieb zu beachten (definierte Leistungsminderung).

Wesentlicher Vorteil ist der nebeneffektfreie Zugriff, der eine der häufigsten Softwarefehlerursachen bei Assemblerprogrammierung praktisch beseitigt.

Fehlertoleranz wird somit auch im prozeßnahen Bereich in Zukunft nicht auf spezielle Einsatzfälle begrenzt bleiben, sondern sie wird durch geeignete Softwaretechnologie zum selbstverständlichen Qualitätsmerkmal werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Software bestimmt bereits heute den Wert (Preis) und den Gebrauchswert (Qualität) einer Automatisierungsanlage in hohem Maße. Für die Automatisierung technologischer Prozesse kommt es vor allem darauf an, die Zuverlässigkeit und die Sicherheit der Software auf einem hohen Niveau zu gewährleisten. Die Softwaretechnologie hat somit entscheidende volkswirtschaftliche Bedeutung erlangt. In der Zukunft wird der Einsatz von Expertensystemen zu einer spürbaren Verbesserung dieser Technologie führen. Der steigende Anteil der Software und die wachsenden Möglichkeiten der Softwaretechnologie werden zu einer teilweisen Verschmelzung von Projektierung und Steuerung führen. Dadurch kommt es zur Herausbildung einer On-line-Projektierung mit folgenden im Echtzeitbetrieb zu lösenden Aufgaben:

- Strukturierung der Automatisierungsanlage durch Software
- Korrektur von Projektierungsfehlern
- Prozeßanalyse sowie Findung und Präzisierung neuer Automatisierungsaufgaben.

Literatur

[1] Kriesel, W.: Strukturwandel in der Automatisierung. msr, Berlin 31 (1988) 4, S. 156—158.

[2] Reinig, G.; Hauptmann, S.: Softwaretechnologie und programmtechnische Aspekte der Softwarewiederverwendung. Wiss. Zeitschr. TU Dresden 36 (1987) 6, S. 119—124.

[3] Böhme, B.; Balzer, D.: Expertensysteme als integraler Bestandteil mikroprozessorgestützter Prozeßleitsysteme. msr, Berlin 30 (1987) 10, S. 443—445.

[4] May, V.; Wieland, R.; Böhme, B.; Balzer, D.: Konzept des Expertensystem—Shells PROCON für Aufgaben in der Prozeßsteuerung. Tagungsmaterial 33. IWK der TH Ilmenau 1988.

[5] Kriesel, W.; Chorchordin, A. W.: Problemstellungen der Software-Zuverlässigkeit bei Automatisierungssystemen mit Mikrorechnern. msr, Berlin 24 (1981) 6, S. 316—320.

[6] Kriesel, W.; Chorchordin, A. W.: Abschätzung und Sicherung der Software-Zuverlässigkeit von Automatisierungssystemen mit Mikroprozeßrechnern. msr, Berlin 24 (1981) 7, S. 375—379.

(Fortsetzung auf Seite 491)

J. Picht

Softwareproduktionsumgebungen — Stand und Entwicklungstendenzen

0. Einleitung

Die Durchsetzung von Softwaretechnologien als Mittel zur Verbesserung der Situation bei der Softwarebereitstellung ist verknüpft mit notwendigen Fortschritten in einer Reihe von Punkten:

- Stand der theoretischen Durchdringung
- Ausbildungsstand und Akzeptanz, Motivation zur Methodenanwendung
- Stimulierung der Entwicklung mehrfach nutzbarer Software und deren Anwendung
- Infrastruktur zur rechnergestützten Arbeit auf dem Gebiet der Softwareentwicklung und -wartung.

Zu dem zuletzt genannten Aspekt soll im folgenden ein Überblick über den Stand und die Entwicklungstendenzen gegeben werden. Damit soll an die Diskussion im Heft 2/1987 der msr angeknüpft werden.

1. Begriffsbestimmung

Der Begriff der Softwareproduktionsumgebung (SPU) ist eng verknüpft mit dem Terminus Softwaretechnologie (Software-Engineering).
Softwaretechnologie ist die Gesamtheit der Festlegungen zur Arbeitsteilung und Projektleitung (wer), Handlungsanleitung durch Einsatz von Methoden (wie) unter Einsatz von technischen Mitteln und Werkzeugen (womit) zur Erzeugung von Softwareprodukten bzw. -leistungen nach bestimmten Qualitätsanforderungen (was, wozu).
Die Softwareproduktionsumgebung bildet die technische, organisatorische und programmtechnische Basis einer Softwaretechnologie.
An Stelle des Begriffes SPU finden sich in der Literatur weitere Synonyme und ähnliche Begriffe, wie Programming Support Environment, Software Engineering Environment, Programming Environment, Software Development Support System.

Prof. Dr. sc. oec. JOCHEN PICHT (51) studierte 1956 bis 1959 an der Martin-Luther-Universität (MLU) Halle Finanzökonomie. Von 1960 bis 1965 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Betriebswirtschaft der MLU Halle. 1963 Abschluß als Ingenieur für Bergbautechnik im Fernstudium. 1965 Promotion A. Von 1965 bis 1969 Leiter für Betriebswirtschaft im Mansfeld-Kombinat. 1969 Berufung zum Dozenten für Datenverarbeitung an die MLU. 1976 Promotion B. 1986 Berufung zum o. Professor für Wirtschaftsinformatik an die MLU Halle. Vorsitzender des FA „Datenverarbeitungsprojektierung für Leitung und Planung" in der WGMA.

Im Fachbereichsstandard Softwarelebenszyklus werden ein Methodenkonzept und ein Werkzeugkonzept gefordert [1]. Eine Softwaretechnologie ist auf die Softwareproduktion im Großen, d. h. auf die Entwicklung von Software mit großem Funktionsumfang in einem arbeitsteiligen Entwicklungsprozeß ausgerichtet. SPU sind daher für Einrichtungen mit Softwareproduktion (im Sinne der industriellen Warenproduktion) und für Einrichtungen mit umfangreichen Softwareleistungen (nichtindustrielle Warenproduktion) von besonderem Interesse.

2. Zielstellung von SPU

SPU dienen dem Ziel der Produktivitätssteigerung bei der Softwareentwicklung, der Anpassung im Falle der Mehrfachnutzung und der Softwarewartung.
Teilziele der Nutzung von SPU sind:

- Erhöhung der Qualität der Software (insbesondere der Korrektheit, Flexibilität, Wartbarkeit und Nutzerfreundlichkeit) [2]
- Sicherung der Mehrfachnutzbarkeit von Software als potentielle Hauptquelle der Produktivitätssteigerung
- Verkürzung der Entwicklungszeiten und Senkung der Entwicklungskosten
- Unterstützung und Verbesserung der Leitung des Softwareentwicklungsprozesses [3].

3. Klassifizierung von SPU

Eine Klassifizierung von SPU nach ihrem Entwicklungsansatz zeigt die prinzipiellen Entwicklungslinien:

- sprachorientierter Ansatz
- methodenorientierter Ansatz
- komplexer Ansatz.

Eine Übersicht der Klassifizierung von SPU zeigt die Tafel 1.

3.1. Sprachorientierter Ansatz

Dieser Ansatz geht vom Einsatz einer Programmiersprache aus. Dabei können wiederum vier Richtungen unterschieden werden:

- Ergänzung der Umgebung eines Sprachübersetzers
- Weiterentwicklung bzw. Neuschöpfung von prozeduralen Sprachen nach den Erkenntnissen der Softwaretechnologie
- Entwicklung von Generatorsystemen als Sprachen der 4. Generation

(Fortsetzung von Seite 490)

[7] MÜLLER, F.: Ein zuverlässiges Mehrprozessorsystem für kerntechnische Automatisierungsaufgaben durch Fehlerprophylaxe, Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz. Dissertation A, TU Dresden 1988.
[8] HEGEWALD, W.: Komplex von Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Mikroprozeßrechnern. Wiss. Zeitschr. TU Dresden 36 (1987) 6, S. 83—90.
[9] SCHÄFER, M.: Automatisierungsstrukturen mit Einchipmikrorechnern — Zuverlässigkeitsaspekt. Dissertation A, TH Leipzig 1987.
[10] KIRSTE, R.: Diagnose-Software für Einchipmikrorechner in fehlertoleranten Automatisierungslösungen. Diplomarbeit, TH Leipzig, SAA 1987.
[11] KRIESEL, W.: Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß intelligenter Funktionseinheiten. msr, Berlin 29 (1986) 2, S. 50—53.
[12] KRIESEL, W.; RICHTER, W.; GIBAS, P.: Feldbusnetz für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten. msr, Berlin 30 (1987) 11, S. 486—489.
[13] KRIESEL, W.; WERNER, G. W.; WERNER, R.: Spezifik der Instandhaltungsprozesse von Automatisierungssystemen auf Mikrorechnerbasis. In: Instandhaltung, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit. Schriftenreihe H. 10/1987, KDT-Bezirksvorstand Frankfurt/O., S. 29—37.

msr 8960

— Sprachen der logischen Programmierung und wissensbasierte Systeme.

3.1.1. Ergänzung der Umgebung eines Sprachübersetzers

Die Ergänzung eines Sprachübersetzers wird in letzter Zeit häufig mit dem Vorsatz Turbo (-PASCAL, -BASIC, -PROLOG) gekennzeichnet. Dabei wird z. B. bei der Fehlererkennung während der Compilierung der Editor aufgerufen, und der Fehler kann sofort korrigiert werden. Für diese Entwicklungsumgebung ist der Begriff Programmierumgebung (Programming Environment) treffend.

3.1.2. Weiterentwicklung bzw. Neuschöpfung prozeduraler Sprachen

Prozedurale Sprachen dienen zur besseren Umsetzung einer Softwaretechnologie [3] und [4]. Offensichtlich ist dieses Anliegen z. B. bei den Sprachen PASCAL (Prinzipien der strukturierten Programmierung) sowie MODULA-2 und Ada. Mit den Sprachen MODULA-2 und Ada werden insbesondere die in der Tafel 2 aufgeführten technologischen Fortschritte möglich. Die Sprache MODULA-2 hat den Vorzug, daß sie auf der bekannten Sprache PASCAL aufbaut und entsprechende Compiler auch für PC verfügbar sind.

3.1.3. Sprachen der 4. Generation

Die Sprachen der 4. Generation sind teilweise in die SPU für die professionelle Softwareentwicklung einzuordnen. Sie sollen insbesondere den Umgang mit dem Computer für die Endnutzer von PC und Terminals erleichtern. Im Gegensatz zu den prozeduralen Sprachen der 3. Generation, die den Programmablauf im Detail beschreiben (wie), sind die Sprachen der 4. Generation vor allem auf die Beschreibung der erwarteten Ergebnisse ausgerichtet (was). Die Merkmale für die Einordnung von Sprachen bzw. Programmierumgebungen in diese Klasse/Generation ist allerdings schwierig, da vor allem Mischformen auftreten. Das bekannte Programmiersystem (REDABAS) erlaubt z. B. sowohl eine prozedurale Programmierung mit den Konstrukten der strukturierten Programmierung als auch Dateiauswertungen durch Beschreibung der gewünschten Datenausgaben im Dialog, ohne Verwendung von Kommandos zur Ablaufsteuerung.

Die Entwicklungsumgebungen der 4. Softwaregeneration haben zwei Zielrichtungen:

— Unterstützung der Softwareentwicklung im Kleinen durch qualifizierte Endnutzer
— Unterstützung der professionellen Softwareentwicklung.

Beide Zielrichtungen werden vor allem durch ein Angebot von Programmgeneratoren verfolgt.

Tafel 1. Klassifizierung von SPU

Entwicklungsrichtung	Merkmal	Zielrichtung	Beispiele
1. Sprachorientierter Ansatz	1.1. Ergänzung des Sprachübersetzers	Erleichterung, Beschleunigung der Implementierung	Turbo-PASCAL
	1.2. neue prozedurale Sprachen	Realisierung neuer softwaretechnologischer Konzepte	MODULA-2, Ada
	1.3. Sprachen (Software) der 4. Generation	Applikations-Generatorsysteme (nicht prozedural)	NATURAL, MANTIS, FOCUS
	1.4. logische Programmierung	Spezifikation als Wissensbasis	PROLOG
2. Methodenorientierter Ansatz	Spezifikationsmethoden Entwurfsmethoden Implementierungsmethoden	Unterstützung von Methoden (Handlungsanleitungen)	PSL/PSA, REVS HIPO, SADT Petri-Netze JSD, ET JSP, NP
3. Komplexer Ansatz	3.1. Minimalausstattung für mittelgroße Projekte 3.2. Ausstattung für mittelgroße Projekte 3.3. Minimalausstattung für große Projekte 3.4. Zusatzausstattung für große Projekte	Unterstützung eines Bündels von Methoden, globale Leistungen, wie Datenverwaltungssystem, Text- und Grafikeditoren Projektleitung, lokale Werkzeuge, für die Phasen des Softwarelebenszyklus	TESYS, PRADOS, PLASMA, mbp-Toolsystem, ADV/ORGA: MOTOR, Compass, Softlab (Maestro, Camic) ISAC, SOFTING, APSE, SOFTTOOL80, ...

Tafel 2. Merkmale neuer Programmiersprachen zur Unterstützung der Softwaretechnologie

Merkmal	Erläuterung	MODULA-2	Ada
Modulkonzept	Trennung von Spezifikation (Schnittstellenbeschreibung) und Implementationsmodul	×	×
Konzept der separaten Kompilation	semantische Konsistenzprüfung der Modulkopplungen	×	×
Prozeßkonzept	Parallelverarbeitung, Synchronisation von Prozessen	×	×
Beschreibung von Schnittstellen zur Hardware	Sprachmittel der maschinennahen Programmierung	×	×
Ausnahmebehandlung	Separierung der Ausnahmebehandlung	—	×
Programmschemata (Generics)	Programmschema (Schablone) als generalisierte Lösung zur Ableitung spezieller Pakete (Moduln)	—	×

× vorhanden; — nicht vorhanden

Die Entwicklungsumgebungen der 4. Softwaregeneration haben zwei Zielrichtungen:

— Unterstützung der Softwareentwicklung im Kleinen durch qualifizierte Endnutzer
— Unterstützung der professionellen Softwareentwicklung.

Beide Zielrichtungen werden vor allem durch ein Angebot von Programmgeneratoren verfolgt.

Tafel 3. Merkmale komplexer SPU (nach [10])

Merkmal	Ausprägung
Vollständigkeit	Unterstützung der Softwareentwicklung, Wartung und der Projektleitung über alle Phasen des Softwarelebenszyklus
Benutzerfreundlichkeit	einheitliche Benutzerschnittstelle mit Anpassung an den Kenntnisstand des Benutzers
Integration	— syntaktische Integration durch Kommunikationsschnittstellen zwischen den Werkzeugen — semantische Integration durch inhaltliche Konsistenzprüfungen zwischen den Entwicklungsergebnissen bzw. bei der Systemgenerierung
Erweiterbarkeit/ Konfigurierbarkeit	— Gestaltung als offenes System zur Sicherung einer schrittweisen Ergänzung bzw. Vervollkommnung — Auswahlmöglichkeit bei der Zusammenstellung spezieller Softwaretechnologien/SPU
Portabilität	Anpassung an spezielle Systemsoftware und Hardware sowie an die Benutzerschnittstelle durch Anpassungsschichten

Tafel 4. Funktionen komplexer SPU

Hauptfunktion	Funktionen	Teilfunktionen/Werkzeuge/Beispiele
Globale Dienste	Datenverwaltungs-/ Datenbankbetriebssystem (DBBS)	— einheitliche Basis der Produktverwaltung Bei DBBS: — Nutzung der Funktionen für das Datenlexikon — Ausnutzung der Möglichkeiten der Abfragesprachen für die Programmgenerierung (query by example, SQL), Screen-Handler, Menügenerator für das Prototyping
	Texteditor	für Dokumentation, Pseudokode, Quelltext usw.
	Grafikeditor	— für die Geschäftsgrafik im Rahmen der Projektleitung — für die Graphendarstellungen (SADT, Petri-Netze) — für die Strukturprogrammierung
	Zugriffsrechteverwaltung	Festlegung und Steuerung der Zugriffsrechte
	Kommunikationsdienste	Mailbox-Dienst usw.
Projektleitung	— Projektplanung und -kalkulation — Projektstatuskontrolle	— Balkendiagramme, Netzpläne, Tabellenkalkulation — Auswertung von empirischen Daten
Methodenbank	Angebot der Methoden/Werkzeuge für die Softwareentwicklung, -wartung und die Projektleitung	— Konfigurationsmöglichkeiten der Methoden-/Werkzeugbasis für ein spezielles Projekt/Aufgabenklassen — Unterstützungsfunktionen für die Lernphase — aktionsorientierter Zugang
Analyse, Anforderungsdefinition	Spezifikationssprache	z. B. PSL/PSA, REVS, SADT, Petri-Netze, HIPO
	Prüfung von Anforderungsspezifikationen	Konsistenzprüfung, Vollständigkeit
Entwurf	Datenlexikon	Begriffskatalog (Synonyme, Ausschaltung von Homonymen) Typdefinitionen, Bildungsgesetze
	Entwurfssprache	Editor Schnittstellenspezifikation Schnittstellenanalysator Syntaxchecker Formatierer Datenstrukturbeschreibung Cross-Referenz-Erzeugung Aufrufbaum-Erzeugung
	Simulation des Systemverhaltens	SIMDIS
	Prototyping-Werkzeuge	— Maskengenerator — Reportgenerator — Dialogablaufsteuerung (Menü)
	Entwurfsdokumentation/Dokumentation für den Anwender	— Dokumentationsrahmen — Generierung der Dokumentation aus den Entwurfsergebnissen — Inhaltsverzeichnis — Stichwortverzeichnis — grafische Ausgaben
Implementierung	Pseudokode-Preprozessor	Programmskelettgenerierung in einer Zielsprache
	syntaxgesteuerter Editor	Syntaxprüfung, Platzhalter
	Quelltextformatierer	Quelltextstrukturierung, Prüfung
	Cross-Referenz	Verwendungsnachweise, insbesondere für die Wartung
	Screen-Management Applikationsgenerator	— Maskengenerator — Reportgenerator — Menügenerierung — Fenstergeneratorsysteme — Filegenerierung — Generierung von Applikationsprogrammen
	Generator für grafische Ablaufdarstellungen	— Struktogrammgenerator — Datenflußdiagramme
Testen, Verifikation	Quelltext-Debugger	Ablaufverfolgung
	Textüberdeckungsanalysator	Bestimmung des Austestungsgrades
	Testrahmengenerator	Bottom-up-Test-Unterstützung
	Testdatengenerator	Erzeugung von Testdaten
	Dateivergleicher	Versionskontrolle
	Aufrufstruktur-Analysator	Erzeugung von Aufrufbäumen
	Monitor für Leistungsmessungen	Ansätze für Tuning
Softwarewartung	Konfigurationsmanagement	— Zusammenstellung/Generierung von Produktversionen — Versionsverwaltung

Die wesentlichsten Komponenten von SPU der 4. Softwaregeneration sind [5]:

— Datenbanksysteme als Basis
— Datenlexikon
— Generatoren für die Eingabe- und Ausgabegestaltung (Maskengenerator, Reportgenerator)
— Abfragesysteme
— Menüsteuerungssystem als integrierender Überbau.

Vielfach werden Schnittstellen für prozedurale Sprachen als Gastsprachen vorgesehen. Für die professionelle Softwareentwicklung sind vor allem die Möglichkeiten zur Unterstützung des Prototyping hervorzuheben. Insbesondere die Masken- und Reportgeneratoren erlauben die Gestaltung der Nutzerschnittstellen durch den Endnutzer bzw. seine unmittelbare Einbeziehung.

Die Verfolgung der beiden genannten Ziele — der Unterstützung der Softwareentwicklung durch Endnutzer für die Softwareentwicklung im Kleinen und für die professionelle Softwareentwicklung im Großen — kann aber kaum gleichermaßen gut mit einem System befriedigt werden. Die Nutzung durch die Endnutzer ist häufig noch nicht genügend einfach. Für die professionelle Softwareentwicklung werden dagegen noch darüber hinausgehende Leistungen erwartet.

3.1.4. Entwicklungsrichtung der logischen Programmierung und der wissensbasierten Softwareentwicklungssysteme

Im klassischen Ansatz der Softwaretechnologie wird mit Hilfe von Spezifikationssprachen das zu lösende Problem beschrieben. Mit Hilfe von Implementationssprachen werden schließlich die auszuführenden Operationen beschrieben. Diese Trennung in zwei Sprachebenen kann vom Ansatz der logischen Programmierung aufgehoben werden, indem z. B. PROLOG als ausführbare Spezifikationssprache benutzt wird. Spezifikationen der logischen Programmierung sind Wissensrepräsentationen. Die Wissensbasis wird als Grundlage zur Beantwortung von Fragestellungen benutzt [6] und [17].

3.2. Methodenorientierter Ansatz

Ausgangspunkt vieler Einzelwerkzeuge ist die Unterstützung einer Softwareentwicklungsmethode als Handlungsanleitung [8]. Methoden haben vielfach nur dann eine Chance angewandt zu werden, wenn sie durch eine rechnergestützte Arbeit in ihrer Vorteilhaftigkeit überzeugen. Vor allem die anspruchsvolleren Methoden sind aufgrund des Aufwandes, insbesondere in den Phasen Analyse/Spezifikation und Entwurf ohne Werkzeuge praktisch nicht nutzbar. Diese Einschätzung gilt z. B. für die Methoden SADT (Structured Analysis and Design Technique) und die Anwendung graphentheoretischer Modelle (Petri-Netze). Der methodenorientierte Ansatz hat den Vorzug einer eindeutigen Orientierung auf eine bestimmte Technologie [9]. Damit wird aber andererseits das Anwendungsfeld eingeschränkt. Hinzu kommen die Probleme der Methodenakzeptanz durch konkurrierende Methoden mit immer noch geringer Anwendungsbreite. Als Alternative bieten daher komplexe Lösungen häufig ein Angebot zur Unterstützung verschiedener Methoden.

3.3. Komplexer Ansatz

Die Nachteile der vorgenannten Ansätze (Gebundenheit an eine Sprache bzw. Einschränkung des Anwendungsfeldes) sollen durch einen komplexen Ansatz (general purpose) vermieden werden. Im Unterschied zu den beiden oben beschriebenen Ansätzen werden mehrere Sprachen als Zielsprachen und die Anwendung verschiedener Methoden unterstützt. Damit steigen andererseits der Umfang, der Entwicklungsaufwand und die Preise für SPU. In einer Klassifizierung nach HOWDEN wird für SPU zur Entwicklung von Projekten mit mittlerem Projektumfang ein Entwicklungsaufwand von 2 Millionen Dollar und für solche mit großem Projektumfang von 20 Millionen Dollar angegeben [10]. Eine weitere Klassifizierung nach dem Funktionsumfang der SPU mit vier Klassen nimmt BALZERT vor [10]. Eine Begründung der Klassifizierung und eine nähere Beschreibung der Anwendungsfelder der Klassen erfolgt jedoch nicht. Es wird lediglich wiederum die Unterscheidung nach mittelgroßen (Klassen 1 und 2 der SPU) und großen Projekten (Klassen 3 und 4 der SPU) als Zielgruppe der SPU vorgenommen. Hinsichtlich der Produktart werden eingebettete Echtzeitsysteme zu den Projekten mit großem Projektumfang gerechnet.

4. Architektur komplexer SPU

Die Architektur moderner Lösungen besteht im Prinzip aus drei Komponenten:

- Datenbasis, möglichst eine Datenbank als Projekt- und Produktverwaltungssystem, einschließlich des Konfigurationsmanagements
- Palette phasenbezogener und phasenübergreifender Werkzeuge
- einheitliche Benutzerschnittstelle.

Grundlegende Anforderungen an komplexe SPU sind in Tafel 3 zusammengestellt.

5. Komponenten komplexer SPU

Die konkreten komplexen SPU unterscheiden sich als Produkte durch den Funktionsumfang, die vorwiegend unterstützten Methoden, die Hardware- und Softwaregrundlage. Gemeinsame Leistungen in mehreren Produkten sind in der Tafel 4 zusammengestellt. Als Gemeinsamkeit der in [10] analysierten komplexen SPU fällt auf, daß alle Produkte das SADT-Design bzw. ähnliche Instrumente unterstützen. Eine weitere Gemeinsamkeit ist die Nutzung von Pseudokode und die Erzeugung von Programmskeletten in verschiedenen Zielsprachen (insbesondere PASCAL). Als Betriebssystemgrundlage erfolgte die Entwicklung vorwiegend nicht für die PC-Klassiker MS-DOS bzw. CP/M. Für nahezu alle vorgestellten SPU war eine Implementierung unter UNIX vorgesehen.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Entwicklung von SPU hat ein beachtliches Niveau erreicht. Allerdings ist die Anwendung in der DDR noch auf einem niedrigen Stand. Dies ist vor allem auf Akzeptanzprobleme durch die eingeschränkte Benutzerfreundlichkeit und die bisherige ESER-Umgebung zurückzuführen. Eine Aufwertung dieser SPU erfolgte durch die Implementierung auch für PC als Entwicklungsrechner [11]. Einschränkungen gibt es weiterhin hinsichtlich der Nutzerunterstützung und der Zielsprachen für PC. Die vorstehenden Aussagen lassen erkennen, daß weitere Entwicklungen von SPU erforderlich sind. Dazu sind Untersuchungen über die zweckmäßige Basis der innovativen Entwicklung erforderlich, und dazu gehört insbesondere die Verfolgung der Möglichkeiten der neuen Sprachen und der logischen Programmierung mit dem Ansatz der wissensbasierten Softwareentwicklungssysteme.

Literatur

[1] Fachbereichsstand Software-Lebenszyklus, TGL 44545. rechentechnik/datenverarbeitung 24 (1987) 6, S. 25—26.

[2] GEBERT, CHR.: Qualitätscharakteristika für Software und für rechnergestützte Automatisierungslösungen. msr, Berlin 30 (1987) 2, S. 89—91.

[3] BALZER, D.; REINIG, G.; HAUPTMANN, ST.: Softwarewiederverwendung — ein notwendiges Grundprinzip effektiver Softwaretechnologie. msr, Berlin 30 (1987) 2, S. 60—63.

[4] HUPBACH, U.: Modula-2 mit leeren Ausdrücken als Entwurfssprache. edv-aspekte 6 (1987) 4, S. 43—44.

[5] BUES, M.: Anforderungen an eine 4 GL-Entwicklungsumgebung. In: Handbuch der modernen Datenverarbeitung 24 (1987) 137, S. 15—18.

[6] GRABOWSKI, J.: Probleme der logischen Programmierung. edv-aspekte 6 (1987) 4, S. 39—42.

[7] POLZE, CHR.: Softwaretechnologie — einige Thesen zu ihrer Entwicklung. edv-aspekte 6 (1987) 4, S. 2—3.

[8] ENGMANN, U.; DRABEK, ST.: Spezifikationssprachen für Beschreibung und Entwurf von Automatisierungsaufgaben. msr, Berlin 30 (1987) 2, S. 63—68.

[9] GEISSER, M.; PICHT, J.; TEICHMANN, L.: Gestaltung einer Software-Produktions-Umgebung für 16-Bit-PC. edc-aspekte 7 (1988) 1, S. 20—24.

[10] BALZERT, H.: Moderne Software-Entwicklungssysteme und -Werkzeuge. Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut 1985.

[11] TESYS-3 Softwarewerkzeuge, Konstruktionselemente für 16-Bit-Technik. edv-aspekte 7 (1988) 2.

msr 8895

Ch. Anspach, J. Hoffmann, R. Keil, H. Schneider

Aufgaben der Organisationsprojektierung unter den Bedingungen der Automatisierung

0. Einleitung und Ausgangssituation

Die gegenwärtige und zukünftige Entwicklung in den Kombinaten und Betrieben wird durch die zunehmende Automatisierung sowohl der Fertigungsprozesse als auch der informationsverarbeitenden Prozesse bestimmt. Mit dem Übergang zur flexiblen Gestaltung der Automatisierung wird dabei ein Umschlag in eine völlig neue Qualität der Fertigung eingeleitet.
Die Automatisierung hat die Grenzen der unmittelbaren Fertigung überschritten und dehnt sich auf alle Phasen des betrieblichen Reproduktionsprozesses und seine Leitung aus. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an die Gestaltung der Prozesse der Informationsverarbeitung. Sie bestehen in erster Linie darin,

- die immer stärker werdende Komplexität zu beherrschen
- Bedingungen zu schaffen, die ein flexibles Reagieren auf sich ständig verändernde Situationen ermöglichen
- die Voraussetzungen für eine effektive Steuerung der Fertigung zu schaffen.

Der Übergang zur flexiblen Automatisierung in der Fertigung bewirkt aber auch, daß zunehmend verringerte Serien- und Losgrößen in den Effizienzbereich der Automatisierung rücken, die sich bisher fast ausschließlich auf Großserien- und Massenfertigung beschränkte. Komplex und flexibel automatisierte, bedienarme Produktionssysteme werden effektiv betrieben, der flexibel automatisierte, durchgängig rechnerintegrierte Betrieb der Zukunft nimmt in Industriezweigen, wie der Elektrotechnik/Elektronik, dem Maschinen-, Geräte- und Anlagenbau, aber auch in zunehmendem Maße in der Leichtindustrie, konzeptionell Gestalt an. Dieser Prozeß bestimmt die Entwicklung der Produktivkräfte und bestimmt den Inhalt der gegenwärtigen Phase der wissenschaftlich technischen Revolution. Die Beherrschung dieses Entwicklungsprozesses erfordert eine abgestimmte Gesamtstrategie als Grundlage für

- den stufenweisen Aufbau der Automatisierung
- die Beherrschung der Schnittstellengestaltung zwischen den Teilsystemen
- die schrittweise Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten der Automatisierung.

Wenn auch wegen der limitierten Reproduktionskraft der Volkswirtschaft die umfassende Entwicklung zum flexibel automatisierten Betrieb auf volkswirtschaftlich wichtige Kombinate und Betriebe beschränkt bleiben wird, so werden aber durchaus Teile des Fertigungsprozesses und Phasen des betrieblichen Reproduktionsprozesses Gegenstand der Automatisierung sein, wobei die zunehmende Automatisierung von Prozessen der Informationsverarbeitung einen nicht unwesentlichen Teil ausmacht.
Praktische Erfahrungen und Untersuchungen in Betrieben, die sich auf dem Wege der schrittweisen Realisierung eines Konzepts der durchgängigen, integrierten Automatisierung befinden, zeigen, daß die Entwicklung von drei grundlegenden Komponenten ausgeht:

1. der flexibel automatisierten Fertigungstechnik
2. den rechnergestützten Prozessen in der Produktionsvorbereitung
3. dem rechnergestützten System der Produktionsplanung und -steuerung.

Diese Komponenten bestimmen in hohem Maße den Charakter des Leistungsprozesses und bewirken, daß das dazu gehörende Leitungssystem den veränderten Bedingungen entsprechend gestaltet und angepaßt werden muß.
Die Umsetzung der in den Betrieben vorliegenden Automatisierungskonzeptionen muß die Gestaltung der betrieblichen Aufbau- und Ablauforganisation, die Gestaltung der Informationsprozesse und die Gestaltung der Leitung und Planung einschließen.
In zunehmendem Maße geht es dabei um die Gestaltung eines Gesamtsystems, in dem die einzelnen Lösungen sowohl der Produktion als auch der Informationsverarbeitung integriert sind. Es ist Aufgabe der Betriebe, beide Seiten der Entwicklung zu beherrschen. Im Bild 1 sind diese Grundrichtungen und ihre gegenseitigen Bezüge dargestellt. Bei der Lösung praktischer Aufgaben ist zu berücksichtigen, daß neben den mehr oder weniger umfangreichen Lösungen der Automatisierung weiterhin konventionelle Lösungen bestehen, in das Gesamtkonzept einzuordnen sind und ein den modernen durch die Automatisierung geprägten Bedingungen adäquates organisatorisches Umfeld zu schaffen ist. Ein dazu geeignetes methodisches Hilfsmittel ist die Organisationsprojektierung.

1. Inhalt und Gegenstand der Organisationsprojektierung

Für die Entwicklung in den Betrieben ist die Einheit von Technik, Technologie und Organisation zu sichern. Die technische Vorbereitung von Maßnahmen der Automatisierung, Mechanisierung und Gestaltung der Fertigungsprozesse ist in erster Linie Gegenstand der Betriebsprojektierung. Sie baut auf gesicherten Erkenntnissen auf, und die zu lösenden Aufgaben werden aus technischer Sicht beherrscht. Die Einführung technischer Maßnahmen im Betrieb wirkt aber zurück auf die betriebliche Organisation. Organisation wird hier verstanden als ein bewußt gestalteter Zustand des Zu-

---

Dr. oec. CHRISTOPH ANSPACH (48) studierte von 1958 bis 1961 Gießereitechnik an der IS für Gießereitechnik „Georg Schwarz" in Leipzig und absolvierte ein Zusatzstudium Planung und Statistik. Danach Technologe und Gießereileiter sowie wissenschaftlicher Mitarbeiter auf dem Gebiet der Anwendung ökonomisch-mathematischer Modelle in der Gießereiindustrie. Von 1970 bis 1975 Fernstudium an der Sektion Wirtschaftswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Von 1981 bis 1985 planmäßiger Aspirant an der Sektion Wirtschaftswissenschaften der Karl-Marx-Universität Leipzig. Danach dort wissenschaftlicher Assistent im WB Leitung und Organisation der Industrie. 1985 Promotion A. Vorsitzender des FA „Systemanalyse und -organisation" in der WGMA.

Dr. oec. JÜRGEN HOFFMANN (32) studierte von 1976 bis 1980 Mathematische Methoden und Datenverarbeitung in der Wirtschaft an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Von 1980 bis 1984 dort wissenschaftlicher Assistent. 1984 Promotion A. Seit 1985 im VEB Kombinat Anlagen- und Gerätebau Halle tätig, zunächst als Planungsleiter, seit 1987 als Direktor für Organisation und Datenverarbeitung.

Dr. oec. REINHARD KEIL (35) studierte von 1973 bis 1977 Mathematik und Datenverarbeitung in der Wirtschaft. Danach wissenschaftlicher Assistent an der Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft der TH „Otto von Guericke" Magdeburg. 1981 Promotion A. 1981 Organisator im Rechenzentrum des VEB SKL Magdeburg. Ab 1982 Leiter des Rechenzentrums im VEB (St) Kombinat Baureparaturen und Modernisierung Magdeburg, 1984 dort Direktor für Ökonomie. 1985 Direktor für Ökonomie an der Medizinischen Akademie Magdeburg, 1986 dort wissenschaftlicher Sekretär des Rektors. Seit 1987 Oberassistent an der Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft der TU „Otto von Guericke" Magdeburg.

Dr. oec. HERFRIED SCHNEIDER (49) war von 1959 bis 1972 Technischer Kaufmann und Vertriebsleiter im VEB Carl Zeiss JENA. In dieser Zeit Fernstudium BMSR-Technik an der IS Jena (Abschluß 1967). Von 1968 bis 1973 Fernstudium an der HS für Ökonomie „Bruno Leuschner" Berlin. Von 1973 bis 1976 Leiter für Internationale Zusammenarbeit im VEB Kombinat Medizin- und Labortechnik Leipzig. Danach bis 1983 Betriebsleiter im VEB MLW Zentrifugenbau Engelsdorf. Von 1983 bis 1986 planmäßige Aspirantur an der Karl-Marx-Universität Leipzig, 1986 Promotion A. Seither dort Oberassistent im WB Sozialistische Betriebswirtschaft der Sektion Wirtschaftswissenschaften.

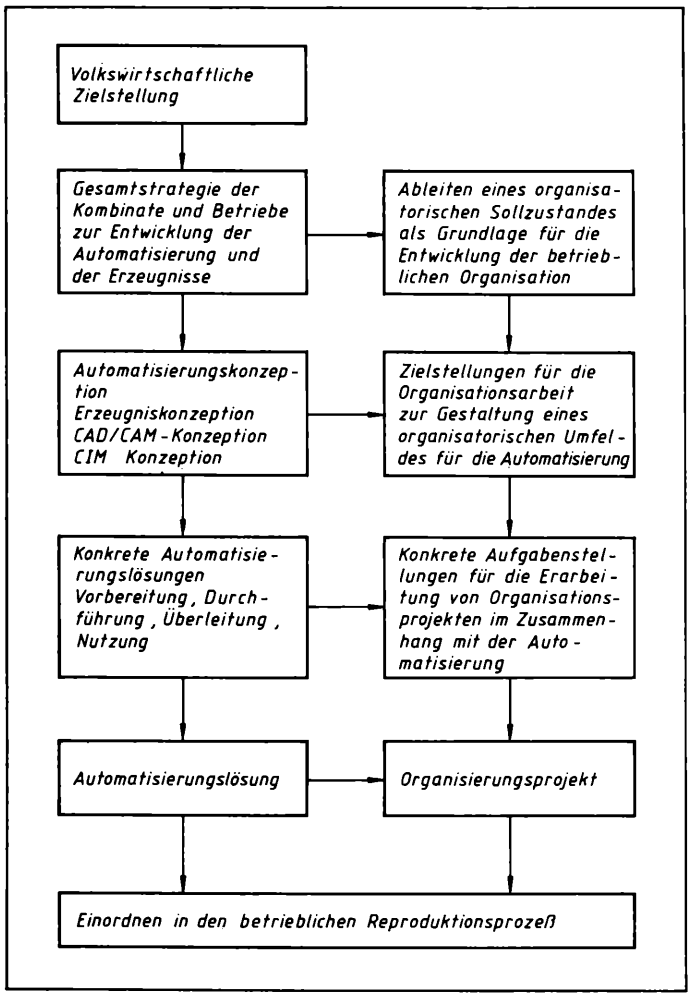


Bild 1. Zusammenhang zwischen der Automatisierung der Fertigung und der gleitenden Anpassung der betrieblichen Organisation

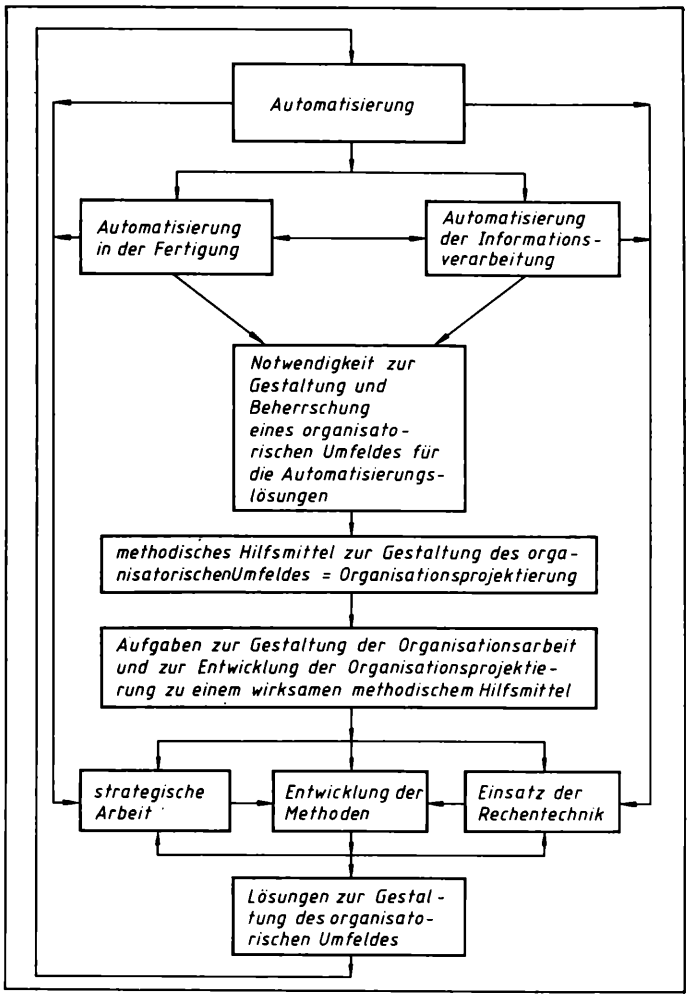


Bild 2. Einfluß der Automatisierung auf die Ableitung von Aufgaben zur Entwicklung und Vervollkommnung der Organisationsprojektierung

sammenwirkens aller Teile eines Prozesses, des betrieblichen Reproduktionsprozesses, in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit. Diese wechselseitige Abhängigkeit betrifft aus der Sicht des Gesamtbetriebes

- die Beziehung zwischen dem Leistungsprozeß und dem Leitungsprozeß
- das Verhältnis von Prozessen der Fertigung zu den Prozessen der Informationsverarbeitung
- die Integration von Prozessen und Teilsystemen zu einem einheitlichen Ganzen.

Die Beherrschung dieser Seite, die Gestaltung und Anpassung der betrieblichen Organisation an veränderte Bedingungen, die durch die Einführung automatisierter Teilprozesse in Fertigung und Informationsverarbeitung eintreten, ist Gegenstand der Organisationsprojektierung als dem methodischen Instrumentarium der betrieblichen Organisationsarbeit (Tafel 1).

Organisationsprojekte spiegeln als Ergebnis der Organisationsprojektierung den Ablauf betrieblicher Prozesse, die Art und Weise der Realisierung von Prozessen der Informationsverarbeitung und die Zuordnung der Handlungen zu betrieblichen Struktureinheiten wider. Organisationsprojekte sind modellhafte Beschreibungen der betrieblichen Organisation.

Gegenstand der Organisationsprojektierung sind in erster Linie Prozesse der Informationsverarbeitung. Sie sind durch eine zunehmende Automatisierung und Verflechtung der Prozesse der Informationsverarbeitung untereinander und mit den Teilsystemen der Fertigung charakterisiert. Die Organisationsprojektierung muß folglich bei der Erarbeitung von Lösungen von den Möglichkeiten und Bedingungen der Automatisierung, der zunehmenden Leistungsfähigkeit der Hard- und Software und dem Erfordernis der Integration unterschiedlicher Prozesse ausgehen. Daraus ergeben sich für die Gestaltung der Organisationsprojektierung selbst Aufgaben, die im Bild 2 dargestellt sind.

Tafel 1. Grundrichtungen der Automatisierung und ihrer methodischen Unterstützung

	Automatisierung in der Fertigung	Automatisierung der Informationsverarbeitungsprozesse	Realisierung der Automatisierungslösungen
Aufgaben	— Gestaltung der Fertigungsprozesse — Einführung von Automatisierungslösungen in der Fertigung — flexible Automatisierung	— Gestaltung von Prozessen der Informationsverarbeitung — Gestaltung der betrieblichen Organisation — Schaffen eines organisatorischen Umfeldes für die automatisierte Informationsverarbeitung	Realisierung der Automatisierungslösung sowohl in der Fertigung als auch in der Informationsverarbeitung
Hilfsmittel zur Unterstützung	technologische Betriebsprojektierung	Organisationsprojektierung, DV-Projektierung	Arbeitsschritte der Investitionsvorbereitung und -realisierung

2. Verstärkung der strategischen Organisationsarbeit

2.1. Notwendigkeit der strategischen Organisationsarbeit

Die Bedeutung der Organisation als Intensivierungsfaktor nimmt zu. Daraus folgt, daß Fragen der Organisation und deren Entwicklung stärker in die langfristige strategische Arbeit einzubeziehen sind. Die Zielstellung für die Gestaltung der Organisation im Betrieb und Kombinat leitet sich aus Bedingungen ab, die für die wirtschaftliche Tätigkeit der Kombinate und Betriebe gelten. Sie werden in den Kombinaten und Betrieben bei der Erarbeitung einer Reihe langfristiger strategischer Grundsatzdokumente, wie der Erzeugniskonzeption, der Rationalisierungskonzeption, der Konzeption zur Nutzung des gesellschaftlichen Arbeitsvermögens, fixiert und bestimmen die Zielrichtung der einzuleitenden Maßnahmen. Die Umsetzung dieser miteinander verflochtenen, untereinander in Beziehung stehenden und sich gegenseitig beeinflussenden Konzeptionen stellt wiederum Forderungen an die Organisation, die im wesentlichen 2 Komplexe berühren.

1. Die konkrete Umsetzung der Konzeptionen auf unterschiedlichen Gebieten bedingt die Existenz eines Rahmens für die Gestaltung der Organisation, der einerseits die Komplexität der Wirkungen auf die wirtschaftliche Tätigkeit berücksichtigt und andererseits organisatorische Grundlagen der Realisierbarkeit begründet.
2. Trotz der zunehmenden Komplexität betrieblicher Prozesse muß die Transparenz und Leitbarkeit des betrieblichen Reproduktionsprozesses gesichert sein. Das schließt auch, und das ist ein Hauptteil der Arbeit, die Gewährleistung der informationellen Basis der Leitungstätigkeit ein.

Diesen Forderungen muß die langfristige strategische Organisationsarbeit entsprechen, in deren Ergebnis die langfristige strategische Konzeption zur Gestaltung der Organisation als ein wesentlicher und weiter zu entwickelnder Teil der Organisationsprojektierung entsteht.

2.2. Hauptinhalt der langfristigen strategischen Organisationsarbeit

Die Organisationsprojektierung stellt in ihrer Gesamtheit einen komplexen Prozeß zur Gestaltung des arbeitsteiligen Reproduktionsprozesses dar. Dabei bezieht sich die Komplexität sowohl auf die Berücksichtigung der einzelnen Organisationsgebiete, auf denen organisatorische Lösungen zu erarbeiten sind, als auch auf den Querschnittscharakter der Organisation, der sich in der Gestaltung der von der Organisation ausgehenden Wirkung ausdrückt.
Bei der inhaltlichen Gestaltung der strategischen Entwicklungskonzeption für die Organisation ist die Einheit von technischer, ökonomischer und sozialer Entwicklung zu berücksichtigen. Sie stellt unter diesem Aspekt eine Umsetzung der Prinzipien der Systemanalyse dar (Tafel 2). Diese sind als methodologische Grundlage der Organisationsprojektierung aufzufassen.
Bei der Gestaltung der Entwicklungskonzeption für die Organisation ist ein Sollzustand zu fixieren, der aus der betrieblichen Entwicklung abgeleitet wird. Mit diesem Sollzustand wird der Vorlauf geschaffen, der es ermöglicht, die Organisation der Wirtschaftseinheit entwicklungsbedingt an diesen Stand heranzuführen und der ein geeignetes Kriterium für die Beurteilung des erreichten Standes ist.
In diesem Zusammenhang sind die Verbindungen zu den anderen Dokumenten einzuordnen, die sich mit der Entwicklung des Betriebes, der Produktion und der Gestaltung des Fertigungsprozesses befassen.
Die Existenz der strategischen Konzeption gestattet es, unterschiedliche Aufgaben in das Gesamtkonzept einzuordnen und so den erforderlichen Zusammenhang und die Paßfähigkeit der einzelnen Aufgaben zu sichern.
Für die Gestaltung der strategischen Konzeption der Organisation sind 3 Ansatzpunkte zu sehen (Tafel 3).
Die voraussetzungsbedingten langfristig konzeptionellen Organisationsaufgaben gehen vom formulierten Sollzustand, der als Modell der künftigen Organisation aufzufassen ist, aus und berücksichtigen die konkreten Möglichkeiten der Entwicklung. Sie enthalten in erster Linie Aussagen über die Entwicklung der Organisationsarbeit selbst als Voraussetzung für eine wirksame Arbeit.
Die maßnahmebedingten langfristig konzeptionellen Organisationsaufgaben leiten sich aus der Entwicklung von Teilen des betrieblichen Reproduktionsprozessses ab. Diese Entwicklung wird durch die Automatisierung und Rationalisierung der Prozesse bestimmt.
Die realisierungsbedingten langfristig konzeptionellen Organisationsaufgaben umfassen solche Maßnahmen, die direkt oder indirekt aus der Umsetzung von Maßnahmen abgeleitet werden, die in anderen langfristigen Konzeptionen festgelegt sind. Diese Grundrichtungen werden durch die Notwendigkeit überlagert, das arbeitsteilige Zusammenwirken der Fachabteilungen zu organisieren und die Bedingungen für die Realisierung der langfristigen strategischen Arbeit zu schaffen.
Die Entwicklung der langfristigen strategischen Organisationsarbeit ist ein Weg, um in den Kombinaten und Betrieben eine Erhöhung des Organisationsniveaus zu erreichen. Diese Maßnahmen sind durch weitere Gebiete, auf die in der Einleitung hingewiesen wurde, zu ergänzen.

3. Methodische Unterstützung der Organisationsprojektierung

3.1. Grundlagen für eine methodische Unterstützung der Organisationsprojektierung

Die Lösung der genannten umfangreichen Aufgaben und deren Umsetzung erfordern im verstärkten Maße eine Systematik der Arbeit und ein differenziertes Vorgehen, das der jeweiligen konkreten Problemlage angepaßt ist.
Die Grundlage für die wirksame methodische Unterstützung ist die Existenz eines methodischen Rahmens, in den sich unterschiedliche Verfahren und Techniken flexibel einordnen lassen. Die Grundlage für diesen methodischen Rahmen stellt die Systemtheorie bereit. Die konsequente Umsetzung der systemtheoretischen Erkenntnisse ist die Basis für ein flexibles Herangehen an die Lösung der Aufgaben. Für die Gestaltung eines theoretischen Rahmens bietet die Nutzung

— der Prinzipien der Systemanalyse (Tafel 2)
— der Theorie großer Systeme (Tafel 4)

eine wesentliche Grundlage.
Die Merkmale großer Systeme sind für die Untersuchung realer Systeme ein geeigneter Ansatzpunkt zur Systematisierung der Organisationsaufgaben. Ihre Nutzung ermöglicht es, in Verbindung mit den Grundrichtungen der Organisationsarbeit, der Ablauforganisation und der Aufbauorganisation das erforderliche organisatorische Umfeld zu bestimmen und so Ansatzpunkte für notwendige Organisationsarbeit, bezogen auf konkrete Sachverhalte, zu erschließen.
Als bestimmende Merkmale für die Gestaltung der Organisationsarbeit können Komplexität und Kompliziertheit der Systeme angesehen werden. Bedingt durch die Automatisierung nimmt die Komplexität der Grundelemente eines Systems zu. Die Grenze einer aus organisatorischer Sicht notwendigen und möglichen Elementarisierung verschiebt sich zu höheren Ebenen der Systemhierarchie. Dieser Trend ist besonders bei der Gestaltung von Steuerungssystemen für die Produktion wesentlich, da sich damit auch die Komplexität der zu steuernden Einheiten erhöht. Die flexibel automatisierte Fertigungstechnik ist hierfür ein Beispiel.
Der effektive Betrieb hochintegrierter Fertigungssysteme setzt eine hohe Qualität in Produktionsvorbereitung und -planung sowie -steuerung voraus. In Theorie und Praxis sind dabei die Methoden und Anforderungen zur Verknüpfung der einzelnen Modellebenen und Module, die zu einem durchgängig rechnerinternen Informationsfluß führen, untersucht und bekannt [2] und [3].
Die Beherrschung dieser Entwicklung und die Gestaltung eines dem hohen Niveau der Fertigungsorganisation adäquaten organisatorischen Umfeldes bestimmen wesentlich die Grundrichtung der Organisationsprojektierung in den nächsten Jahren. Diese Entwicklung wird des weiteren durch die zunehmende Kompliziertheit der Systeme bestimmt. Die Kompliziertheit der Systeme entsteht durch die Vielzahl der miteinander verflochtenen, sich gegenseitig

Tafel 2. Prinzipien der Systemanalyse und Systemprojektierung [1]

1. Einheit von ökonomischen, technisch-technologischen und soziologischen Untersuchungen
2. Einheit von Analyse und Synthese
3. Einheit von Makro- und Mikrountersuchungen
4. Einheit von Steuer- und Informationsprozessen
5. Einheit von Struktur-, Funktions- und Verhaltensuntersuchungen
6. Einheit von Modellierung, Optimierung und Automatisierung

beeinflussenden Prozesse, deren Beherrschung durch die Komplexität der Elemente einerseits schwierig, andererseits aber immer stärker notwendig wird, da sich Fehler fortsetzen und in einer weitgehend automatisierten Fertigung zu hohen ökonomischen Verlusten führen. Eine wesentliche Aufgabe besteht somit darin, die Informationsbeziehungen zu gestalten und die Informationsverarbeitung durch den Einsatz der Mikroelektronik qualitativ zu verbessern.
Methodologisch wird dieser Prozeß durch die Prinzipien der Systemanalyse unterstützt, die in der Organisationsprojektierung ihre praktische Umsetzung finden.

3.2. Systematische Ableitung der Projektierungsaufgaben

Projektierungsaufgaben sind Elemente der Aufgabenstellung zur Erarbeitung eines Organisationsprojektes. Ihre Ableitung geht von 2 unterschiedlichen Ansatzpunkten aus:

1. Die zu projektierenden Prozesse sind *sachlich zu untergliedern*, wobei unter Nutzung des *Prinzips der Makro-Mikro-Systemanalyse* eine iterative Elementarisierung (Prinzip der Dekomposition, Top-down-Prinzip) vorgenommen wird. Als Ergebnis der Elementarisierung lassen sich die Teilprozesse formulieren, die später Gegenstand der Organisationsprojektierung sind.
2. Die zu projektierenden Prozesse sind *inhaltlich zu untergliedern*, wobei davon ausgegangen werden kann, daß es sich vom Prinzip her um *Prozesse der Informationsverarbeitung* handelt. Bei der Umwandlung der Eingangsinformationen (Prozeßvoraussetzungen) in die Ergebnis- oder Ausgangsinformationen (Prozeßergebnisse) werden Stufen durchlaufen, in denen eine Umwandlung der Informationen erfolgt.
   Dieses stufenweise Umwandeln der Eingangsinformationen führt zu einer Gliederung der Prozesse in Prozeßstufen, wobei im allgemeinen die folgenden 4 Prozeßstufen unterschieden werden können:
   Prozeßstufe 1: Physisches Bereitstellen der erforderlichen Informationen
   Ergebnis dieser Prozeßstufen sind Informationen, die auf unterschiedlichen Datenträgern vorliegen (Belege, Disketten usw.).
   Prozeßstufe 2: Interne Verarbeitung der Informationen
   Ergebnis dieser Prozeßstufe sind Informationen im Rechner (als Datei, Arbeitsspeicher usw.). Vom Standpunkt der Informationsverarbeitung aus laufen hier die Teilprozesse maschinelles Erfassen der Informationen, Einlassen der Informationen und Abspeichern der Informationen ab.
   Prozeßstufe 3: Interne Auswertung der Informationen nach vorgegebenen und modular aufgebauten Auswertungsalgorithmen
   Ergebnis dieser Prozeßstufe sind abrufbare verarbeitete Informationen, die durch Verknüpfen der ursprünglich eingegebenen Informationen entstehen. Hier zeichnet sich der anzustrebende höhere Verarbeitungsgrad der einmal vorliegenden Informationen ab.
   Prozeßstufe 4: Abruf der Informationen in einer vom Nutzer gewünschten Struktur und Form
   Ergebnis dieser Prozeßstufe sind die auf Datenträgern (Drucklisten, Bildschirm, Disketten) vergegenständlichten und vom Nutzer interpretierbaren eingegebenen oder durch die Verarbeitung neu gewonnenen Informationen.

Die Verknüpfung der beiden Richtungen und ihrer Arbeitsergebnisse führt zu einer Matrixdarstellung, deren Felder spezifische Projektierungsaufgaben darstellen. Das Grundprinzip dieser Matrix ist im Bild 3 dargestellt.
Die Prozeßstufen lassen Rückschlüsse auf unterschiedliche Arten von Projektierungsaufgaben zu.
Spezielle Aufgaben der Datenverarbeitungsprojektierung, der technischen Realisierung der Transformationsprozesse (einschließlich der Nutzung moderner Softwaresysteme und der Möglichkeiten der Büroautomatisierung) sind aus den Aufgaben ableitbar, die in den Spalten der Prozeßstufen 2 und 3 sowie bedingt der Prozeßstufe 4 stehen.
Spezielle Organisationsaufgaben stellen die Aufgaben dar, die in der Spalte der Prozeßstufe 1 formuliert wurden. Sie berühren, ebenso wie spezifische Aufgaben der Prozeßstufe 4, primär Fragen, die die Gestaltung des organisatorischen Umfeldes betreffen.
Innerhalb der Matrix können Felder in geeigneter Weise zusammengefaßt werden. Die als *Problemfeldmatrix* bezeichnete Darstellungsform ist ein in der Praxis an zahlreichen Beispielen erprobtes Hilfsmittel zur Systematisierung der Projektierungsaufgaben. Sie ist Ausgangspunkt für die Organisationsprojektierung und sichert in komplexer und durchgängiger Form die

- Ableitung von Fragestellungen zur Erarbeitung der Organisationslösungen
- unmittelbare Unterstützung der Lösungsarbeiten
- Koordinierung der Prozesse der Organisationsarbeit.

Die Problemfeldmatrix stellt den Übergang zur eigentlichen, in Phasen oder Arbeitsstufen ablaufenden Organisationsprojektierung dar.

3.3. Ablauf der Organisationsprojektierung

Das Bestreben, den Prozeß der Organisationsprojektierung zu beherrschen, führte dazu, daß Methoden ausgearbeitet wurden, die den Ablauf der Organisationsprojektierung als ein stufenweises Herangehen bestimmten.
Die bekannten Konzepte gehen dabei von einer unterschiedlichen Anzahl der Arbeits- oder Leistungsstufen aus, wobei die Gliederung in [5] oder [6] als allgemein anerkannt gelten kann.

Tafel 3. Grundrichtungen der strategischen Organisationsarbeit

Strategische Organisationsarbeit		
voraussetzungsbedingte langfristige konzeptionelle Organisationsarbeit	maßnahmebedingte langfristige konzeptionelle Organisationsarbeit	realisierungsbedingte langfristige konzeptionelle Organisationsarbeit
Entwicklung der Voraussetzungen für eine Organisationsarbeit Ausgangspunkt: — Sollzustand — Modell der betrieblichen Organisation Ergebnis: — Aussagen zur Entwicklung des Organisationspotentials	Entwicklung von Teilprozessen des betrieblichen Reproduktionsprozesses Ausgangspunkt: — Automatisierungskonzeption — Erzeugniskonzeption — u. a. Ergebnis: — Gestaltung der Organisation unter den Bedingungen der Automatisierung	Bestimmen des Weges für Erhöhung des Organisationsniveaus und der Entwicklung der gewährleistenden Komponenten Ausgangspunkt: — Entwicklung der Automatisierung — Entwicklung der Hardware — Entwicklung der Software Ergebnis: — Entwicklung des gewährleistenden Systems

Tafel 4. Merkmale großer Systeme (nach [1])

Tätigkeit und **Wirken** des **Menschen** sowohl im steuernden als auch im gesteuerten System	Merkmal und Eigenschaften der **Ganzheit** und Gliederung des Ganzen in relativ selbständige Teilsysteme
	Komplexität und **Kompliziertheit** des Systems durch eine Vielzahl der Kopplungen und durch eine Vielzahl der unterschiedlichen Transformationen
	Wirken **stochastischer Einflüsse** und **Unbestimmtheit** des Systemverhaltens
	Hierarchie der Steuerebenen und -stufen im Steuersystem, Anwendung des Prinzips der Hierarchie in der Steuerung
	Adaptionsfähigkeit und **Multistabilität**

Die Durchgängigkeit der Anwendung dieser Arbeitsstufen (0-Stufen) ist in den einzelnen Kombinaten unterschiedlich und wird durch verschiedene Faktoren beeinflußt.
Neben der Gliederung des Prozesses der Erarbeitung eines Organisationsprojektes nach den 0-Stufen ist aber auch eine Gliederung in Projektierungsphasen möglich und für einfachere Projektierungsaufgaben interessant.
Zwischen diesen Projektierungsaufgaben und den 0-Stufen und deren weiterer Untergliederung in Arbeitsschritte bestehen direkte Verbindungen, die eine zunehmende, von der Komplexität der Projektierungsaufgabe bestimmte Detailliertheit charakterisieren. Im Bild 4 ist dieser Zusammenhang dargestellt. Innerhalb des gesamten Projektierungsprozesses nimmt die *Erarbeitung der Aufgabenstellung* eine besondere Stellung ein. Erfahrungen in der Praxis zeigen, daß diese Phase in der Regel zu kurz bemessen wird. Damit bestehen beim Übergang zur eigentlichen Ausarbeitung des Projektes unausgereifte Vorstellungen über das Ziel, das mit der Projekterarbeitung und deren Realisierung erreicht werden soll. Die Faktoren, die das Erreichen des Zieles fördern oder hemmen, sind nur unzureichend herausgearbeitet. In der Phase der Aufgabenstellung sollten deshalb die folgenden Schwerpunkte als Teilaufgaben aufgefaßt werden:

Bewußtmachen des Problems

Ausgangspunkt ist ein anzustrebender Sollzustand, der den Zustand charakterisiert, der nach der Umsetzung des Projektes erreicht werden könnte. In erster Näherung repräsentiert er einen Idealzustand, der aber nicht in jedem Fall zu realisieren ist. Im Rahmen der Organisationsanalyse sind die Faktoren herauszuarbeiten, die gegenwärtig und künftig dazu beitragen könnten oder direkt dazu beitragen, den Sollzustand zu erreichen. Weiterhin sind die Faktoren zu ermitteln, die gegenwärtig und künftig als Ursache dafür anzusehen sind, daß der Idealzustand nicht erreicht werden kann. Diese Ursachen sind zu differenzieren. Im Ergebnis der Lösung dieser Teilaufgabe liegen Aussagen über das zulässige Lösungsfeld und das zu erreichende Ziel vor.

Formulieren der Projektierungsaufgaben

Abgeleitet aus der Problemfeldmatrix werden die einzelnen Projektierungsaufgaben beschrieben und bezeichnet.
Es handelt sich dabei grundsätzlich um Aufgaben der Ausarbeitung von Lösungen zur

- physischen Bereitstellung der Informationen
- Realisierung der internen Darstellung
- Realisierung der internen Auswertung und Umsetzung der Verarbeitungsalgorithmen
- Präsentation der Ergebnisse.

Formulieren der Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung stellt die Zusammenfassung der vorangegangenen Untersuchungsergebnisse dar. Sie legt die zu erreichenden Ziele und die Lösungsbedingungen fest.
In ihr sind weiterhin Aussagen zur Einordnung des Projektes in das betriebliche Gesamtsystem, zu den zu erwartenden ökonomischen und sozialen Wirkungen aus der Umsetzung sowie zum Nutzen enthalten.
Nach Bestätigung der Aufgabenstellung kann zur eigentlichen *Erarbeitung der Projektlösung* übergegangen werden.
Die Projektierung orientiert sich an den Prozeßstufen (s. Abschn. 3.2.). Die konkrete Lösung kann in Abhängigkeit vom Umfang, dem Rang und der Art des Projektes sehr unterschiedlich sein. Sie kann eine Lösung in Form einer verbalen Beschreibung des Prozesses haben (z. B. betriebliche Organisationsanweisungen), aber auch durch ein umfangreiches DV-Projekt umgesetzt werden (z. B. CAD-Lösungen). Daraus ergibt sich, daß die konkreten Arbeiten der DV-Projektierung, der programmtechnischen Umsetzung eines Algorithmus oder zur Nachnutzung von bereits vorhandenen Projekten zur Informationsverarbeitung in diese Phase einzuordnen und in erster Linie Inhalt der 0-Stufe 03 sind oder diese direkt überlagern.
Als Ergebnis liegt dann eine Organisationslösung vor, zu deren Komponenten auch DV-Projekte, Programme usw. gehören. In der *Phase der Einführung* sind die personellen, materiellen, organisatorischen und technischen Voraussetzungen zu schaffen, die für die Nutzung der Organisationslösung erforderlich sind und eine effektive Nutzung ermöglichen.

4. Die Nutzung der Möglichkeiten der Rechentechnik zur Unterstützung der Organisationsarbeit

Im Zusammenhang mit der Gestaltung der Organisationsarbeit in den Kombinaten und Betrieben und der Nutzung des in den Betrieben vorhandenen und nutzbaren Organisationspotentials gewinnt der Einsatz der Rechentechnik zur Unterstützung der Organisationsarbeit zunehmend an Bedeutung.
Unter der rechnerunterstützten Organisationsarbeit wird die rechnerunterstützte Ausarbeitung und Nutzung von Organisationslösungen verstanden.
Die Entwicklung vollzieht sich dabei in Etappen, die unterschiedliche Niveaustufen charakterisieren. Untersuchungen haben gezeigt, daß von den folgenden 4 Entwicklungsetappen ausgegangen werden kann:

1. Existenz lokaler Dateien und relativ selbständiger Problemlösungen (1. Entwicklungsetappe)
2. Kopplung von Einzellösungen und Dateikopplung (2. Entwicklungsetappe)
3. Nutzung der Rechentechnik als Arbeitsmittel (3. Entwicklungsetappe)
4. Rechnerunterstützte Nutzung von Organisationslösungen (4. Entwicklungsetappe).

Die **1. Entwicklungsetappe** ist durch die Nutzung der Rechentechnik für einzelne, relativ isolierte Anwendungsfälle der Organisationsarbeit gekennzeichnet. Diese Lösungen haben unterschiedlichen Komfort. Sie unterstützen die mit Organisationsaufgaben befaßten Mitarbeiter in den Betrieben bei der Durchführung von Routineaufgaben. Ein wesentliches Anwendungsgebiet ist die Verwaltung von Verzeichnissen (z. B. Telefonverzeichnis, Verzeichnis der Organisationsregelungen). Dieses Gebiet wird in zunehmendem Maße erschlossen und stellt gegenwärtig das Hauptanwendungsgebiet für die Nutzung der Rechentechnik in den Betrieben dar. Über dieses Gebiet erfolgt in der Regel auch der Einstieg in die Nutzung der Rechentechnik. Für das Entwicklungsniveau dieser Etappe ist weiterhin kennzeichnend, daß die Dateien getrennt bearbeitet werden. Jede Problemlösung arbeitet mit einer spezifischen Datei, wobei sowohl Text- als auch Datenbankdateien verwendet werden. Im Hinblick auf die spätere Entwicklung stellen Datenbankdateien eine bessere Ausgangsbasis dar.
Die **2. Entwicklungsetappe** ist durch eine Erweiterung des Anwendungsgebietes und durch einen schrittweisen Aufbau eines Systems gekennzeichnet. Die Einzellösungen werden durch programmtechnische Lösungen und/oder durch Kopplung von Dateien verbunden. Diese beiden Möglichkeiten können auch als unterschiedliche Phasen der Entwicklung aufgefaßt werden. Ihre Realisierung wird durch die

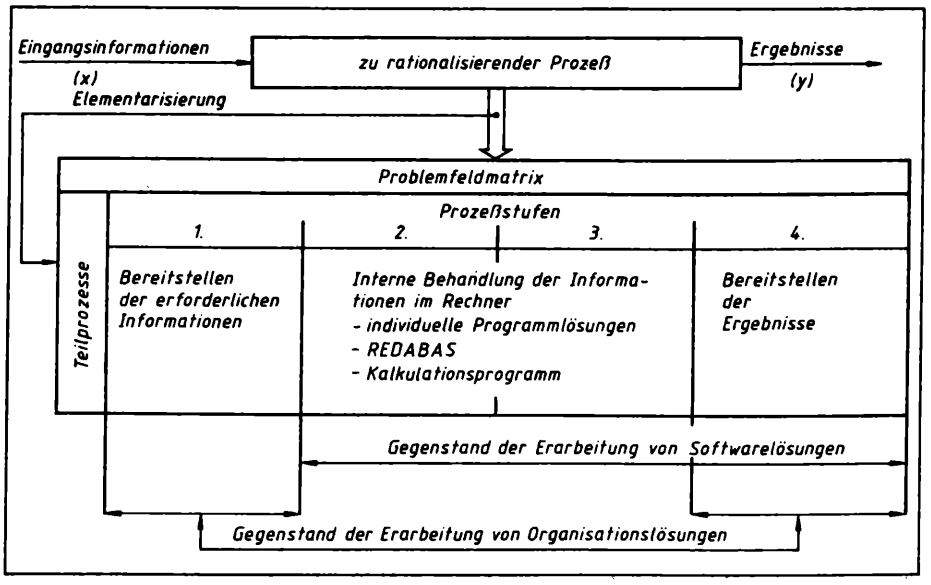


Bild 3.
Ableiten von Organisationsaufgaben mit Aufgaben der Softwareentwicklung

Entwicklung der Hardware bestimmt, besonders durch eine große verfügbare Hauptspeicherkapazität und die Möglichkeiten der Dateibearbeitung, die durch die Software gegeben sind. Der Übergang von einem Niveau, das dem der 1. Entwicklungsetappe entspricht, zum Niveau der 2. Entwicklungsetappe kann durch die Nutzung von Programmsystemen erfolgen.

Hierarchisch strukturierte, modular aufgebaute Programmsysteme ermöglichen die Verwaltung unterschiedlicher Dateien, die sowohl sachlich als auch physisch getrennt sind.

Die Verknüpfung von Dateien macht diese multivalent nutzbar. Durch eine umfassende Dateikopplung werden die Überschaubarkeit der Datenbestände erhöht, die Dateipflege unkompliziert unterstützt und die Datenredundanz verringert.

Das hier charakterisierte Niveau der 1. und 2. Entwicklungsetappe repräsentiert den Stand in den Betrieben, wobei die konkrete Ausprägung des Umfangs und das Niveau der Nutzung der Rechentechnik unterschiedlich sind.

Der ganzheitliche Charakter der Organisationsinformationen ist aber nur auf dem Wege des Aufbaus einzelner Dateien, deren Kopplung und deren Zugriff über ein Programmsystem realisierbar. Die Umsetzung erfordert ein entsprechendes Konzept der Gestaltung und führt zwangsläufig zu Organisationsdatenbanken. Mit der Anwendung der 16-bit-Rechentechnik rückt die Umsetzung anspruchsvoller Konzepte in den Bereich der Realisierbarkeit. Die mit modernen Softwarelösungen gegebenen Möglichkeiten der Verflechtung von Datenbankarbeit, Textverarbeitung, Arbeit mit Tabellenkalkulation und Graphik erschließen weitere Anwendungsgebiete für die Erhöhung des Niveaus der rechnerunterstützten Organisationsarbeit. Beim Übergang von der 2. zur 3. Entwicklungsetappe vollzieht sich ein qualitativer Sprung. Die wesentliche Erweiterung und der qualitative Unterschied zum Niveau der 2. Entwicklungsetappe besteht darin, daß die Organisationsdatenbank, deren Existenz Ergebnis der 2. Entwicklungsetappe ist, durch eine Bank der Methoden und Hilfsmittel ergänzt wird. Im Bild 5 ist dieser anzustrebende Zustand dargestellt.

Der Inhalt der **3. Entwicklungsetappe** läßt sich mit dem Begriff *Organisations-Engineering* beschreiben. Die Organisationsarbeit wird als Arbeitsprozeß selbst unterstützt. Geistige Routineprozesse (Recherchieren, Entwerfen, technische Arbeiten, wie Zeichnen, Schreiben u. a.) werden stärker durch den Computer unterstützt und realisiert. Der Organisator stützt sich dabei auf umfangreiche Organisationsdaten- und -methodenbanken mit einem systematisch gekoppelten Dateisystem unter Nutzung leistungsfähiger Software. Der Organisator erarbeitet im Dialog Lösungen, die dann wiederum in die Organisationsdatenbank einzuordnen sind. Im weiteren Verlauf der Entwicklung können die Organisationsdatenbank und die Organisationsmethodenbank durch eine Wissensbank ergänzt werden, die Organisationswissen speichert, auf das der Organisator **und** der Nutzer zurückgreifen können.

Die Organisationsdatenbank stellt die Schnittstelle zwischen dem Organisator, der die Lösungen überwacht, ausarbeitet, aktualisiert, und dem Nutzer dar. Die *rechnerunterstützte Nutzung von Organisationslösungen* ist charakteristisch für die **4. Entwicklungsetappe.** Die Leiter können aus der Organisationsdatenbank direkt die für einen konkreten Sachverhalt erforderlichen Informationen über organisatorische Regelungen abrufen. Damit steht ihnen eine Me-

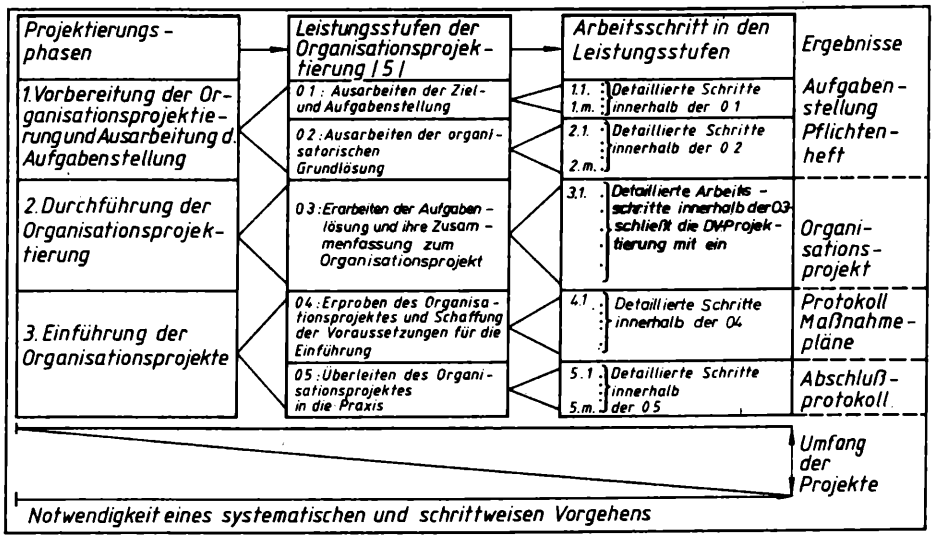


Bild 4.
Zusammenhang zwischen Projektierungsphasen, Leistungsstufen der Organisationsprojektierung und den Arbeitsschritten innerhalb der Leistungsstufen

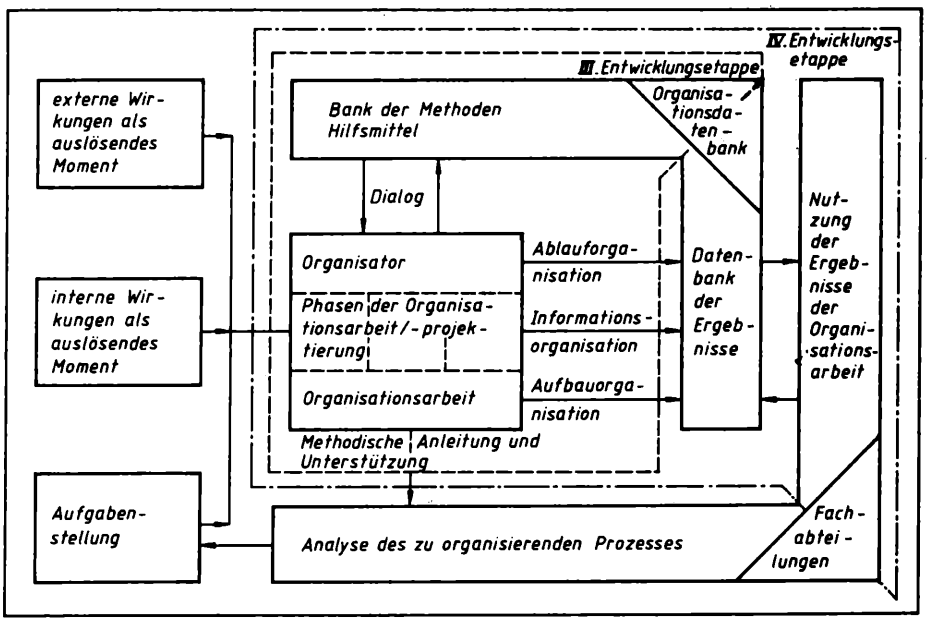


Bild 5.
Schematische Darstellung des in der 3. und 4. Entwicklungsetappe zu schaffenden Systems der Organisationsarbeit

thode zur Verfügung, die mit zunehmender Automatisierung größer werdende Komplexität und Kompliziertheit der Prozesse zu beherrschen. Die Organisationsdatenbank wird zum integrierten Bestandteil komplexer Automatisierungslösungen. Rechnerunterstützte Nutzung von Organisationslösungen, gekoppelt mit Komponenten der Wissensverarbeitung, ermöglicht es nicht nur, anspruchsvolle Auskunftssysteme zu realisieren, sondern darüber hinaus dem Leiter gezielt Empfehlungen bereitzustellen, welche organisatorischen Belange er in konkreten Entscheidungssituationen zu berücksichtigen hat.

Die Durchsetzung des mit der 3. und 4. Entwicklungsetappe charakterisierten Niveaus der rechnerunterstützten Organisationsarbeit ist eine langfristige und nur schrittweise zu realisierende Aufgabe. Ihre Lösung wird wesentlich durch die Entwicklung der Hard- und Software und deren Verfügbarkeit sowie durch den Vorlauf in der theoretisch-methodischen Durchdringung der Organisationsarbeit als Voraussetzung einer effektiven Nutzung der verfügbaren Hilfsmittel bestimmt. Auf dieses Gebiet konzentrieren sich gegenwärtig die Forschungsarbeiten.

Zusammenfassung

Mit der zunehmenden Automatisierung sowohl in der Fertigung als auch der Informationsverarbeitung gewinnt die Organisation zunehmend an Bedeutung.

Organisation wird als Zustand der Ordnung des arbeitsteiligen Zusammenwirkens unterschiedlicher Teilprozesse des betrieblichen Reproduktionsprozesses verstanden. Es geht darum, eine den Anforderungen, die aus der Automatisierung entstehen, adäquate Organisation zu schaffen und zu sichern, daß Automatisierungslösungen in einem effektiv gestalteten organisatorischen Umfeld wirksam werden. Die Gestaltung dieses Umfeldes und der ganzheitlichen betrieblichen Organisation erfordert Organisationsarbeit als zielgerichtete gestaltende Tätigkeit. Sie wird methodisch unterstützt durch die Organisationsprojektierung. Unter den Bedingungen der zunehmenden Automatisierung ergeben sich dabei die folgenden Wirkungsrichtungen für die Gestaltung der Organisationsarbeit und Organisationsprojektierung:

1. Entwicklung und Vervollkommnung der strategischen Arbeit
2. Weiterentwicklung und Vervollkommnung der methodischen Unterstützung
3. Nutzung der Rechentechnik zur Unterstützung der Arbeit und Erarbeiten der Grundlage für die Nutzung.

Literatur

[1] VON KÄNEL, S.; LAUENROTH, H.-G.: Kybernetik für Ökonomen — Leitfaden. Zentralstelle für das Hochschulfernstudium des MHF.
[2] SCHÖNFELD, S.; VOGEL, M.: CAD — Einführung und Anwendung. Berlin: VEB Verlag Technik 1987.
[3] Autorenkollektiv: CAD/CAM — Schlüsseltechnologie als Intensivierungsfaktor. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1987.
[4] LAUENROTH, H.-G.; BÖHM, K.: Kybernetik in der industriellen Organisation. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.
[5] Autorenkollektiv: Leitfaden zur Organisationsprojektierung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1981.
[6] Autorenkollektiv: Ökonomie der Automatisierung. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1985.

msr 8914

Zu Ihrer Information! Im VEB Verlag Technik Berlin erscheinen neben der „msr" folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik/Elektronik und angrenzender Gebiete:

Nachrichtentechnik/Elektronik; Elektrie; radio-fernsehen-elektronik; Elektropraktiker und Mikroprozessortechnik.

Bitte nutzen Sie auch diese Informationsquellen!

G. Voigt

Stand und Tendenzen automatisierter Systeme der Leitung in der Industrie

0. Einleitung

Die ständig vor allem bezüglich der Flexibilität und Effektivität steigenden Anforderungen an industrielle Einheiten, wie Kombinate, Betriebe, Betriebsabteilungen, einerseits und die von der elektronischen Rechentechnik gebotenen Möglichkeiten andererseits zwingen zur Entwicklung und Realisierung automatisierter (rechnergestützter) Systeme der Leitung. Es deutet sich ein neues Zeitalter an, das durch grundsätzlich andere Erzeugnisse, Technologien, weitgehende flexible Automatisierung geistiger und materieller Prozesse und lokale, landes- und weltweite Kommunikationsnetze gekennzeichnet ist. Die Entwicklung von Rechnern der fünften Generation und von ISDN-Breitband- und „Paketvermittlungs-"Netzen bilden hier wichtige materiell-technische Grundlagen. Es existieren in allen industriell entwickelten Ländern mehr oder weniger komplexe Beispiele rechnergestützter Systeme der Leitung [1] bis [3].
Hier werden einige wesentliche Probleme, Methoden und Erfahrungen dargestellt, die bei der Entwicklung und Realisierung automatisierter Systeme der Leitung von Fertigungsbetrieben auftreten, genutzt werden bzw. gewonnen wurden. Dem Beitrag liegen wissenschaftliche Arbeiten der Mitglieder des FA „Automatisierte Systeme der Leitung" in der WGMA der KDT zugrunde.

1. Ziele, Aufgaben und Methoden der Leitung von industriellen Systemen

Die Aufgabe der Leitung eines Systems besteht darin, Ziele zu setzen, Aufgaben zu formulieren und Strategien zu ermitteln und durchzusetzen, die bewirken, daß das System mit hoher Sicherheit seine Aufgaben erfüllt und seine Ziele erreicht. Die Leitung ist ein arbeitsteiliger Prozeß, der in allen Teilsystemen und Hierarchieebenen von Menschen durchgeführt wird und auf Menschen wirkt. Zur Bearbeitung der Leitungs- und Leistungsprozesse werden technische Einrichtungen genutzt. Diese Charakterisierung der Leitung schließt ein, daß automatisierte Systeme der Leitung alle Teilsysteme und Hierarchieebenen umfassen und nicht etwa relativ isolierte Systeme der oberen Leitungsebenen sind.
Bei der Automatisierung eines Systems, z. B. eines Betriebes, sind die Problemkreise

a) Automatisierung von einzelnen Prozessen und Systemen (hierzu gehören Konstruktion, Planung und Steuerung von Fertigungs-, Transport-, Lagerprozessen usw.)
b) die Leitung des koordinierten Zusammenwirkens aller Prozesse und Teilsysteme im Gesamtsystem

zu bearbeiten. Der Problemkreis b) soll in diesem Beitrag vorrangig behandelt werden.
Um die Methoden, Möglichkeiten und Grenzen der Automatisierung der Leitung beschreiben zu können, sollen Leitungssysteme und Leitungsprozesse näher charakterisiert werden.
Wird ein System S in das geleitete System GS und das Leitungssystem LS gegliedert, dann kann es durch das im Bild 1 dargestellte Grundmodell beschrieben werden [4].

Durch das Leitungssystem wird die Strategie $\tilde{W}_1$ erzeugt, die die zielgerichteten Einwirkungen auf GS beschreibt.
Grundlagen für die Bestimmung der Strategie $\tilde{W}_1$ sind:

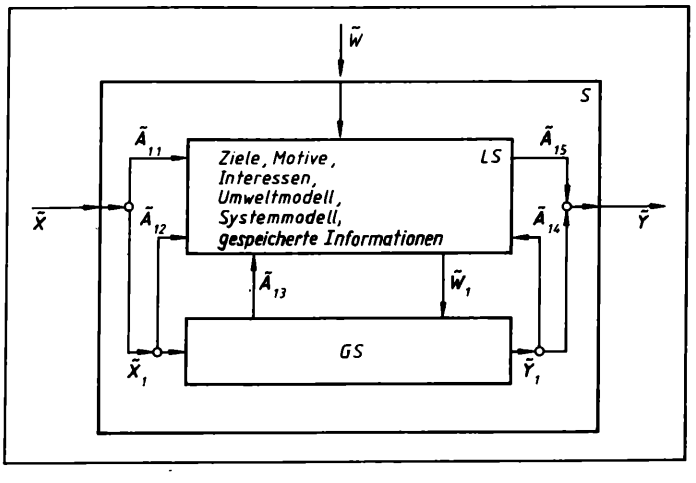
- die Ziele des Systems S
- die Motive und Interessen der an der Steuerung beteiligten Menschen
- Kenntnisse über die für die Steuerung von S wesentlichen geplanten oder zu erwartenden Umweltereignisse, d. h. ein Umweltmodell
- ein die Reaktionen von S auf äußere Einwirkungen $\tilde{X}_1$ und die Strategie $\tilde{W}_1$ beschreibendes Systemmodell
- gespeicherte Informationen
- zielgerichtete Einwirkungen $\tilde{W}$ übergeordneter Systeme
- aktuelle Informationen $\tilde{A}_{11}$ aus der Umwelt, $\tilde{A}_{12}$ über die Eingangsgrößen von GS, $\tilde{A}_{13}$ über den Zustand von GS und $\tilde{A}_{14}$ über die Ausgangsgröße von GS.

LS gibt Informationen $\tilde{A}_{15}$ an übergeordnete und gleichgeordnete Systeme ab.
$\tilde{X}$ usw. bezeichnen nicht Momentanwerte, sondern zeitliche Folgen (Zeitreihen) der Form

$$\tilde{X} = \{X(1) \dots X(k) \dots X(N)\} . \tag{1}$$

„k" ist eine Taktnummer, kT_0 die zugehörige Taktzeit und T_0 der Taktzeitabstand. Die Komponenten der Vektoren $X(k)$ usw. sind i. allg. zufällige oder unscharfe Größen.
Die Modelle dienen dazu, in der Umwelt geplante oder zu erwartende Ereignisse berücksichtigen zu können und mit hinreichender Sicherheit zu erwartende Reaktionen von GS auf $\tilde{X}_1$ und $\tilde{W}_1$ und damit das zu erwartende Systemverhalten vorhersagen zu können. Die Ziele, Motive, Interessen, Modelle und gespeicherten Informationen werden durch Lernprozesse ständig verbessert bzw. vervollkommnet und durch Adaption an sich ändernden System- und Umwelteigenschaften angepaßt.
Wird die hierarchische Struktur des Systems berücksichtigt, dann wird ein Modell der im Bild 2 dargestellten Form erhalten.
Die Aufgabe der Leitung eines Systems besteht darin, für alle Teilsysteme, Hierarchieebenen und das Gesamtsystem alle Prozesse der Zielsetzung, Modellbildung, Informationserfassung und der situations- und zielbezogenen Bildung und Durchsetzung von Leitungsstrategien koordiniert so durchzuführen, daß das Gesamtsystem, die Hierarchieebenen und die Teilsysteme ihre Aufgaben erfüllen und ihre Ziele erreichen. Gleichzeitig ist durch die Leitung zu

Bild 1. Grundmodell eines Systems



Prof. Dr. oec. habil. Dr. rer. nat. GERHARD VOIGT (60) studierte von 1948 bis 1953 in Jena Physik. Von 1953 bis 1961 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Abteilungsleiter an der AdW der DDR. 1958 Promotion an der Karl-Marx-Universität Leipzig. Von 1961 bis 1964 Direktor des Instituts für Regelungstechnik Berlin. Von 1964 bis 1971 Dozent an der Hochschule für Ökonomie „Bruno Leuschner" Berlin. Dort 1968 Habilitation. 1971 Berufung zum o. Professor für Regelungs- und Steuerungstechnik an die Ingenieurhochschule Mittweida. Vorsitzender des FA „Automatisierte Systeme der Leitung" in der WGMA.

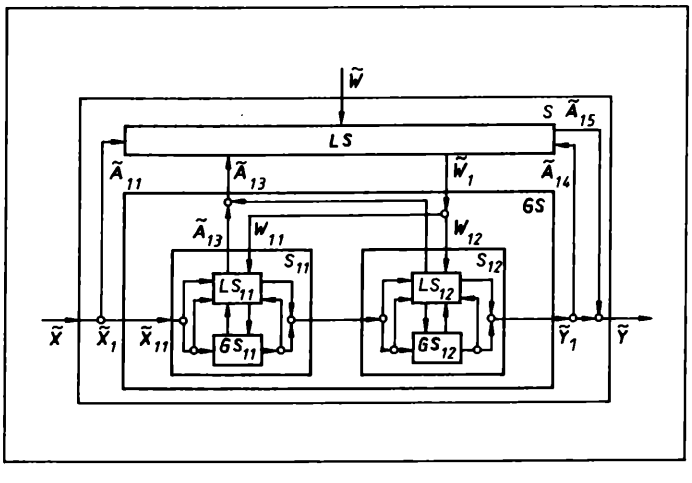
sichern, daß das System umweltfreundlich oder zumindest umweltverträglich ist. Die Leitung eines Systems ist ein sehr komplexer und komplizierter Prozeß. Für große Systeme, wie Fertigungsbetriebe, müssen politisch-ideologische, psychologische, soziologische, ökonomische und technische Probleme berücksichtigt und gelöst werden, und es müssen Methoden und Erkenntnisse der Kybernetik, der Mathematik, der Informatik usw. genutzt werden. Das verlangt von den Leitern aller Ebenen einen Überblick über die Situation und die einzusetzenden wissenschaftlichen Disziplinen und eine effektive Organisation der koordinierten, arbeitsteiligen Lösung der Aufgaben. Die Komplexität der Aufgaben und die Notwendigkeit, viele wissenschaftliche Disziplinen gleichzeitig und koordiniert einsetzen zu müssen, verleihen der Leitungswissenschaft und der Leitungspraxis ihre Spezifik und ihre Schwierigkeit.

Die Leitung muß eine hohe Leistungsfähigkeit und Entwicklung der Teilsysteme der Hierarchieebenen und des Gesamtsystems sichern. Dazu müssen die im System tätigen Menschen über Möglichkeiten für eigenverantwortliches Entscheiden und Handeln verfügen, und es müssen hohe geistige und manuelle Leistung und Kreativität ermöglicht, stimuliert und auf die Erreichung der Ziele des Systems ausgerichtet werden [4].

Hohe Leistung und Kreativität und die Ausrichtung auf die Systemziele erfordern materielle und ideelle Anreize und darüber hinaus, daß die Erreichung der Ziele gewünscht und die Methoden hierzu akzeptiert werden. Das läßt sich i. allg. nur erreichen, wenn die im System tätigen Menschen an der Aufstellung der systeminternen und der übergeordneten gesellschaftlichen Ziele beteiligt werden und von deren Richtigkeit und Zweckmäßigkeit überzeugt sind [5].
Die Leitung von Betrieben, Kombinaten und Volkswirtschaften wird i. allg. soweit beherrscht, daß eine relativ gute Funktionsfähigkeit der Systeme erreichbar wird, jedoch nicht soweit, daß insbesondere für sehr große Systeme, gemessen an den heutigen, ständig steigenden Anforderungen und Möglichkeiten, eine angenähert optimale Funktion und Entwicklung gewährleistet wird.

Für die Leitung von Betrieben sind umfangreiche betriebswirtschaftliche, leitungswissenschaftliche, kybernetische u. a. Kenntnisse vorhanden. Die für die Verbesserung der Leitung erforderlichen vertieften Kenntnisse der Gesetzmäßigkeiten und Wirkungszusammenhänge und die möglichst gute Kenntnis der Situation machen umfangreiche Analysen, Modellrechnungen, Simulationen und die Erfassung, Verarbeitung und Nutzung sehr großer Informationsmengen erforderlich. Das kann effektiv nur über die Nutzung von Rechnern und Rechnersystemen erreicht werden.

Bild 2. Modell eines hierarchisch strukturierten Systems
Das Symbol ○ steht hier für Operatoren, die materielle und/oder Informationsflüsse verzweigen oder vereinigen.



2. Methoden, Möglichkeiten und Grenzen der Unterstützung der Leitung von Betrieben durch Rechner und Rechnersysteme

2.1. Allgemeine Grundlagen rechnergestützter Leitung

Der weltweite wirtschaftliche Wettbewerb und die wissenschaftlich-technische Entwicklung zwingen vor allem in den industriell hochentwickelten Ländern alle Betriebe zu hoher Reaktionsfähigkeit und Reaktionsgeschwindigkeit auf Marktanforderungen und Innovationen und zu einer hohen Effektivität. Diese Forderungen sind nur durch eine durchgängige Automatisierung des gesamten Reproduktionsprozesses mit hoher Qualität zu erfüllen.
Wissenschaftliche Untersuchungen und Erfahrungen [4] und [6] bis [8] haben gezeigt, daß es zweckmäßig ist, der durchgängigen Automatisierung eines Systems „Betrieb" folgende Philosophie zugrunde zu legen:

a) Durchgängig flexibel automatisierte Systeme müssen als hierarchisch strukturierte Systeme aufgebaut werden. Jedes Teilsystem und jede Hierarchieebene müssen in der Lage sein, in vorgegebenen Grenzen eigenverantwortlich entscheiden und handeln zu können. Die Kopplung zwischen den Teilsystemen und Ebenen muß „elastisch" sein. Die Teilsysteme müssen zeitweilig autonom arbeiten können, d. h., daß z. B. beim Ausfall eines Teilsystems durch Systemreserven erreicht werden kann, daß die Funktion des Gesamtsystems solange gewährleistet wird, bis das gestörte Teilsystem wieder funktioniert.
b) Bei der Modellierung des Systems muß beachtet werden, daß die Variablen des Systems und die Relationen zwischen ihnen (d. h. das Systemmodell) zufällige Größen sind und häufig nur teilweise formalisiert und algorithmiert, d. h. nur unscharf beschrieben werden können.
c) Der Mensch hat die entscheidende Rolle in allen Leitungsprozessen zu spielen. Das System ist als integriertes Mensch-Maschine-System, d. h. als CIM-(Computer-Integrated-Manufacturing-)System zu gestalten. Die Leitung erfolgt durch Menschen und ein hierarchisch strukturiertes Rechnernetz im Mensch-Maschine-Dialog. Zur Leitung sind Experten- und Beratungssysteme einzusetzen [9] [10] und [15].
d) Das Leitungssystem muß sichern, daß hohe geistige und handwerkliche Leistungen und kreatives Denken und Handeln ermöglicht und stimuliert werden.
e) Auf lange Sicht ist es nicht sinnvoll, mit rechnerintegrierten Systemen konventionelle Aufgaben zu lösen. Sie müssen grundlegend neue Aufgaben erfüllen. Die flexible Automatisierung muß mit fundamentalen Veränderungen der Erzeugniseigenschaften, der Fertigungsverfahren, der Planung, der Steuerung und der Überwachung verbunden werden.

Es hat sich als praktisch unmöglich erwiesen, Systeme zur Unterstützung der Leitung aufzubauen, die einmal festgelegte, nach vorgegebenen Regeln aufbereitete Informationen den Leitern zyklisch oder auf Anforderung bereitstellen. Die Systeme müssen so organisiert sein, daß aus einem möglichst umfassenden Bestand an Grunddaten und Grundinformationen der Situation angepaßte, den Bedürfnissen der Leiter entsprechende Aufbereitungen erfolgen können. Wichtige Hilfsmittel zur situations- und bedürfnisgerechten Aufbereitung von Informationen sind Beratungssysteme. Um die oben beschriebene Philosophie wirkungsvoll realisieren zu können, empfiehlt es sich, ein geeignetes, in seiner Grundkonzeption einheitliches System von Modellen anzuwenden. Es sei ein System diskontinuierlicher Modelle vorgeschlagen [4].
Das Verhalten jedes Systems, jedes Teilsystems und jeder Hierarchieebene kann durch Bild 3 illustriert werden.
Dabei sind die Zeitreihen

$$\hat{X} = \{X(1) \dots X(k) \dots X(N)\} \tag{2}$$

$$\hat{W} = \{W(1) \dots W(k) \dots W(N)\} \tag{3}$$

$$\hat{Y} = \{Y(1) \dots Y(k) \dots Y(N)\} \tag{4}$$

i. allg. zufällige oder unscharf beschreibbare Inputverläufe $\tilde{X}$, Outputverläufe $\tilde{Y}$ bzw. Leitungsstrategien $\tilde{W}$. Bei praktisch allen industriellen Systemen können die Verläufe (2), (3), (4) nach einer Transformation (siehe hierzu auch [4]) durch stochastische oder unscharfe endliche abstrakte Automaten

$$P(Z^*(k+1) + \zeta^l \mid Z^* = \zeta^j,\ U^* = \varphi^i) = p^f_{ijl};\quad \forall\, i,j,l \qquad (5)$$

$$P(Y^*(k+1) = v^m \mid Z^* = \zeta^j,\ U^* = \varphi^i) = p^g_{ijm};\quad \forall\, i,j,m \qquad (6)$$

oder

$$\Pi(Z^*(k+1) = \zeta^l \mid Z^* = \zeta^j,\ U^* = \varphi^i) = \pi^f_{ijl};\quad \forall\, i,j,l \qquad (7)$$

$$\Pi(Y^*(k+1) = v^m \mid Z^* = \zeta^j,\ U^* = \varphi^i) = \pi^g_{ijm};\quad \forall\, i,j,m \qquad (8)$$

beschrieben werden. Z^*, U^*, Y^* sind verallgemeinerte Zustands-, Eingangs- und Ausgangsgrößen, die bei Systemen mit Speicherwirkung die Form

$$U^*(k) = \begin{pmatrix} U(k) \\ U(k-1) \\ \vdots \\ U(k-k_0) \end{pmatrix}, \qquad U(k) = \begin{pmatrix} X(k) \\ W(k) \end{pmatrix} \qquad (9)$$

haben. Die $Z(k)$, $U(k)$, $Y(k)$ sind zufällige oder unscharfe Vektoren, die Werte ζ^j, φ^i, v^m aus den abstrakten Alphabeten

$$\mathfrak{X} = \{\varrho^1, \ldots, \varrho^J\},\quad \mathfrak{U} = \{\varphi^1, \ldots, \varphi^I\},\quad \mathfrak{Y} = \{v^1, \ldots, v^M\} \qquad (10)$$

annehmen können. P und p sind bedingte Wahrscheinlichkeiten, die Π und π sind „bedingte" Zugehörigkeitswerte [4]. Um das Verhalten hierarchisch strukturierter Systeme beschreiben zu können, ist es notwendig die Wechselwirkung der Teilsysteme und Ebenen, d. h. ihre elastische oder unscharfe Kopplung, zu modellieren (siehe hierzu z. B. [4]).

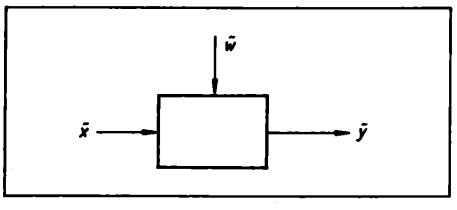


Bild 3.
Symbolische Darstellung des Verhaltens eines Systems

2.2. Rechnergestützte Entwicklung des Zielsetzungssystems, der Planung, der Überwachung und Steuerung

Dem Gesamtsystem, jeder Hierarchieebene und jedem Teilsystem eines Betriebes sind zum Teil konkurrierende Ziele zuzuordnen. Diese Ziele bilden ein hierarchisch gegliedertes Zielsetzungssystem. Die Basis dieses Systems sind die betrieblichen Grundziele, die die staatlichen Auflagen als gesetzliche Grundlagen haben. Zwischen den Zielen innerhalb der Teilsysteme und innerhalb der Ebenen und zwischen den Zielen unterschiedlicher Ebenen und Teilsysteme besteht eine große Anzahl von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten, d. h. Relationen. Ein solches Zielsetzungssystem kann durch einen dynamischen Zielgraphen (Bild 4) veranschaulicht werden.
Die Knoten des Graphen sind Ziele, die „gefärbten" Kanten sind zwischen den Zielen bestehende Relationsmengen (klassifikatorische oder kardinale Größen, mathematische Beziehungen, Regeln, Sätze in natürlichen oder künstlichen Sprachen usw.). Die Ziele und Relationen können sich ändern, es können neue hinzukommen oder vorhandene gestrichen werden.
Äquivalent zu dem Graphen im Bild 4 ist eine quadratische Zielmatrix

→	1.1	1.2	. .	*N.NN*
1.1		$a_{1.1/1.2}$	. .	$a_{1.1/N.NN}$
1.2	$a_{1.2/1.1}$		. .	$a_{1.2/N.NN}$
.	.		. .	
N.NN	$a_{N.NN/1.1}$			

(11)

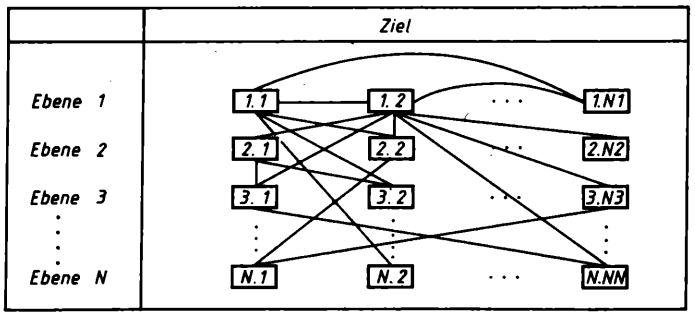


Bild 4. Dynamischer Zielgraph (Beispiel)
(Die Wechselwirkungen zwischen den Zielen innerhalb der Ebenen 2, 3, usw. wurden nicht eingezeichnet)

Die Vektoren a_{ij} stellen Mengen von Relationen dar. Werden die Ziele und Relationen in (11) in Beziehung zur aktuellen Situation (äußere Einflüsse, Erfüllungsstand der Aufgaben) und zu den zu erwartenden Veränderungen in der Umwelt gesetzt, dann werden Informationen zur Steuerung des Systems und zur situationsbezogenen Änderung der Ziele und Pläne erhalten. Es ist zu ermitteln

a) ob und wie Ziele und Relationen situationsbezogen geändert werden müssen
b) welche Ziele und Relationen durch diese Änderungen betroffen werden.

Diese Probleme lassen sich, wenn Hunderte von Zielen und Tausende von Relationsmengen berücksichtigt werden, nur mit Hilfe von Rechnern lösen. Für die Bearbeitung der Aufgaben bietet sich der Einsatz von Beratungssystemen an, die situationsbezogen angeben, welche Ziele, Strategien und Relationen wie und mit welchen Erfolgschancen geändert werden können, und gleichzeitig durch Simulation des Systemverhaltens ermitteln, wie durch diese Änderungen die Ziele und das Verhalten anderer Teilsysteme, Ebenen und des Gesamtsystems beeinflußt werden.
Bezogen auf ein Informationssystem wurden von JOHN [11] Programmsysteme entwickelt, die es ermöglichen die Aufgabe b) zu lösen. Von ECK [12] wurde ein Modell für die Leitung der Fertigung entwickelt, das wichtige Elemente für die Lösung der Aufgaben a) und b) enthält. Mit einem in PROLOG geschriebenen Programmsystem wird festgestellt, wo durch Abweichungen zwischen Plan und Ist Entscheidungen zur Änderung von Zielen und Strategien erforderlich sind. Nach den vom Nutzer getroffenen Entscheidungen wird angegeben, welche Ziele und Relationen davon betroffen werden und wie sich die Entscheidungen auf andere Teilsysteme und das Gesamtsystem auswirken.
Neben den strukturellen Problemen der rechnergestützten Entwicklung und Nutzung von Zielsetzungssystemen sind die Probleme zu lösen:

— Wie und auf welchen Grundlagen sind die Ziele, d. h. ihre Inhalte, aufzustellen?
— Wie können die Aufgabenstellungen und die Einhaltung von Zielen mit Rechnern unterstützt werden?

Grundlage für die inhaltliche Festlegung der Ziele eines Systems sind Vorgaben übergeordneter Systeme, systeminterne Ziele und eine Bilanzierung des für die Realisierung der Ziele erforderlichen materiellen, finanziellen und personellen Aufwandes mit den gegebenen oder schaffbaren Möglichkeiten. Hierdurch und durch die Notwendigkeit, daß alle Ziele zu einem in sich konsistenten Zielsetzungssystem vereinigt werden müssen, entstehen eine Reihe von Restriktionen für die Zielfestlegung. Bereits in der äußerst wichtigen Phase der Formulierung von Zielen als Vorstellung von Möglichkeiten und „Wünschen", deren Realisierbarkeit und Zweckmäßigkeit für die Gesellschaft später zu prüfen sind, kann unter heutigen Bedingungen nur mit Hilfe von Rechnern effektiv gearbeitet werden. Bei der Zielformulierung ist zu berücksichtigen, daß die entscheidenden Fortschritte i. allg. nur mit grundsätzlich neuen Entwicklungen erreicht werden können. Das „Nachempfinden" und „Weiterentwickeln" bekannter Lösungen reicht in der Regel nicht aus, um Spitzenposi-

tionen zu erringen. Zu den mit Hilfe von Rechnern zu lösenden Aufgaben gehören die rechnergestützte Recherche, die Beschaffung und Auswertung von einschlägiger Fach- und Patentliteratur u. a. Befriedigend lösbar ist diese Problematik erst mit Hilfe landes- und weltweiter Systeme der Literaturbearbeitung, die die Wissensspeicherung in großen Datenbanken, automatisierte Recherchesysteme und die Möglichkeiten, Literaturstellen auf den Bildschirm zu holen bzw. ausdrucken zu lassen, enthalten. Derzeit gibt es etwa 3000 Informationsfonds für den allgemeinen öffentlichen Zugriff (H. LAMPRECHT, Wochenpost 2/1988). Noch in diesem Jahrtausend zu erwartende „universelle wissensbasierte Systeme" mit „Wissensnetzen" und „aktiven Bibliotheken" [9] dürften weitere wesentliche Fortschritte bringen.

In den letzten Jahren wurden leistungsstarke Rechner der 16- und 32-bit-Technik und Multiprozessoranlagen [16] und [17] sowie umfangreiche Softwaresysteme für die Unterstützung von Analysen und Problemlöseprozessen entwickelt. Hierzu gehören dialogfähige Systeme zur Lösung von wirtschaftlichen, technischen und mathematischen Problemen und Simulationssysteme zur Nachbildung von Eigenschaften des Verhaltens und der Steuerung von technischen und technologischen Systemen und von Systemen der Vorbereitung, Durchführung und Abrechnung der Produktion. Im zunehmenden Maße werden Elemente der „künstlichen Intelligenz", insbesondere als Experten- und Beratungssysteme, in solche Systeme integriert [9] und [13] bis [15].

Sind Ziele als „Vorstellungen und Wünsche" aufgestellt und ist durch Erkundungs- und Grundlagenforschung ihre Realisierbarkeit geprüft und über die Zweckmäßigkeit ihrer Realisierung entschieden, ist rechnergestützt der erforderliche personelle (nach Anzahl und Qualifikation), materielle und finanzielle Aufwand abzuschätzen, mit den Ressourcen zu bilanzieren und festzulegen, welche Ziele in welchem Grade wann erreicht werden sollen.

Bezogen auf die gesamte Volkswirtschaft wurden Innovationsstrategien zur flexiblen Automatisierung von Betrieben untersucht. Es wurden Einsatzgebiete, Aufwände, Ressourcen und der zu erwartende Nutzen betrachtet [18].

Beispiele der flexiblen Automatisierung von Betriebsteilen und Betrieben wurden in den letzten Jahren geschaffen oder teilweise realisiert [1] [19] und [20]. Trends sind hierbei die Einbeziehung des gesamten Reproduktionsprozesses eines Betriebes in die rechnergestützte Leitung, die Nutzung von Experten- und Beratungssystemen und die Anwendung lokaler Rechnernetze (LAN) [6] [8] [9] [12] [13] und [15].

Eine durchgängige flexible Automatisierung des Reproduktionsprozesses ist eine notwendige Voraussetzung dafür, den sehr hohen und ständig steigenden Anforderungen an Effektivität und Flexibilität gerecht werden zu können. Es muß jedoch davor gewarnt werden, die flexible Automatisierung für eine „Wunderwaffe" zu halten. Sind die inhaltlichen Probleme nicht geklärt, d. h. z. B.

- arbeitet der Betrieb mit falschen Grundzielen, die durch unzureichende Information oder falsche Interpretation nationaler und internationaler Trends in Politik, Wirtschaft, Technik und Technologie entstanden sein können
- sind die Kenntnisse über Wirkungszusammenhänge im Reproduktionsprozeß teilweise ungenau oder gar falsch; das kann z. B. die Auswirkungen stochastischer Effekte und vor allem die Vorhersage der menschlichen Reaktion auf Weisungen, Richtlinien, Vorschriften und Stimulierungsmaßnahmen betreffen
- wird die schöpferische Initiative unzureichend gefördert oder gar gehemmt
- wird das Leistungsprinzip bei der ideellen und materiellen Stimulierung nicht konsequent durchgesetzt
- werden die Ziele, Motive und Aktionen der Menschen in allen Struktureinheiten nicht koordiniert und auf die Gesamtziele des Betriebes ausgerichtet,

dann wird trotz durchgängiger flexibler Automatisierung der Betrieb keine ausreichende Effektivität und Flexibilität erreichen und mühsam dem Weltstand hinterherhinken.

Die flexible Automatisierung eines Betriebes kann nicht nebenbei durch Mitarbeiter erfolgen, die sonst andere Aufgaben haben. Sie ist von hauptamtlich tätigen Arbeitsgruppen aus hochqualifizierten Mitarbeitern zu realisieren.

3. Beispiel der rechnergestützten Leitung eines Betriebes

Am Beispiel eines Betriebes sollen einige wesentliche Probleme der Entwicklung eines durchgängig rechnergestützten Systems der Leitung demonstriert werden. Das System wurde konzipiert und zum Teil realisiert. Es erstreckt sich von der Forschung und Entwicklung über die Fertigung bis zur Abrechnung der Produktion und von der langfristigen Planung bis zur operativen Planung, Überwachung und Steuerung der Produktion. Beschrieben werden ausgewählte Probleme der Produktionsprogrammplanung, der Fertigungsplanung und der Planung, Überwachung und Steuerung des Fertigungsdurchlaufs in [7] [11] [12] [21] und [23].

Das System hat die im Bild 5 veranschaulichte Struktur. Es verfügt über die im Abschnitt 2.1. geforderten Eigenschaften. Bei seiner Projektierung wurde ein Prinzip der schritt- und stufenweisen Aktualisierung, Präzisierung und Detaillierung [21] angewandt. Dieses Prinzip besagt, daß die Informationen (Pläne usw.) mit fortschreitender Zeit und zunehmendem Wissen schrittweise aktualisiert und präzisiert werden und daß sie von Hierarchieebene zu Hierarchieebene von oben nach unten detailliert werden.

3.1. Gleitende Produktionsprogrammplanung für 5 Jahre

Auf der Basis von Stammdaten, von langfristigen Planvorgaben und Bedarfseinschätzungen wird eine gleitende Produktionsprogrammplanung für 5 Jahre durchgeführt und jährlich aktualisiert.

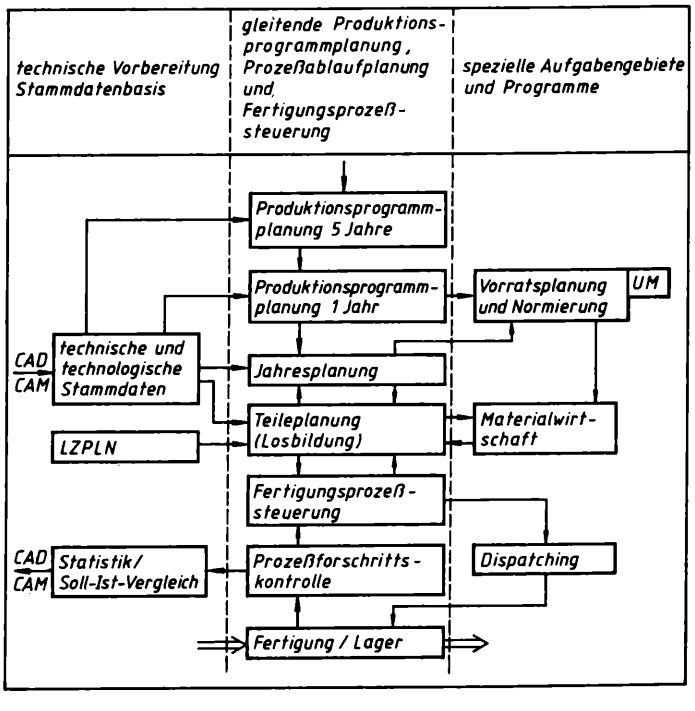
Ist k das Produktionsjahr, dann sind z. B. die Stammdaten, die im Jahre $k - 5$ für die Planung verwendet werden, weitgehend auf Typvertreter bezogen. Sie werden für $k - 4$, $k - 3$ usw. schrittweise aktualisiert und präzisiert. In $k - 1$ wird weitgehend mit echten erzeugnisbezogenen Stammdaten gerechnet.

Sind a_{ji} der Arbeitszeitzeitaufwand für ein Erzeugnis i in der Arbeitsplatzgruppe j, s_i die im Jahr zu fertigende Stückzahl des Erzeugnisses i und r_j der stückzahlunabhängige Anteil der Arbeitszeitaufwände in der Arbeitsplatzgruppe j, dann wird aus der Arbeitszeitaufwandsmatrix $\boldsymbol{A} = ((a_{ji}))$ und dem Sortimentsvektor, d. h. dem Produktionsprogramm $\boldsymbol{s} = (s_i)$, der Vektor der Arbeitszeitaufwände $\boldsymbol{b} = (b_j)$

$$\boldsymbol{As} + \boldsymbol{r} = \boldsymbol{b} \tag{12}$$

gebildet.

Bild 5. Durchgängiges rechnergestütztes System der Vorbereitung, Durchführung und Abrechnung der Produktion
LZPLN Liegezeitplanungsnormative; UM Umlaufmittel



Sind $b^F = (b_j^F)$, $\forall j$, die verfügbaren Fonds, dann muß als Mindestbedingung für die Plandurchführung

$$\sum_{\forall j} (b_j^F - b_j) > 0 \tag{13}$$

oder die schärfere Forderung

$$b_j^F - b_j > 0\,, \qquad \forall j\,, \tag{14}$$

gelten [4]. Durch technische oder technologische Maßnahmen, durch Investitionen, durch Entwicklung der Anzahl der Arbeitskräfte und der Qualifikationsstruktur und durch Änderung des Produktionsumfanges und des Sortiments ist zu sichern, daß die Bedingungen (13) und (14) erfüllt werden. Dazu ist es notwendig, die Abhängigkeiten der a_{ji} und der b_j^F von Einflußfaktoren, wie technische Eigenschaften der Erzeugnisse, Ausrüstungen in den Arbeitsplatzgruppen, Technologie, Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte und anzuwendende Steuerungsstrategien, zu ermitteln. Durch Variation der genannten Einflußfaktoren und von s sind Varianten von Jahresplänen zu berechnen, die die Bedingungen (13) und (14) erfüllen. Für die Varianten sind Kosten-Nutzen-Rechnungen durchzuführen. Diese Problematik wird z. Z. i. allg. noch unbefriedigend beherrscht. Die Abhängigkeiten der a_{ji} und der b_j^F von den Einflußfaktoren sind nur zum Teil bekannt, lassen sich nur zum Teil quantifizieren und können zum Teil nur unscharf oder durch verbale Regeln beschrieben werden. Zu einem recht großen Anteil werden bestehende Zusammenhänge nur intuitiv berücksichtigt. Hinzu kommt, daß die Einflußfaktoren selbst, z. B. die Technologie, nur unscharf beschrieben werden können. Da die Anzahlen der variierbaren Größen a_{ji} und s_i i. allg. von der Größenordnung 10^5 bzw. 10^3 sind und eine sehr große Anzahl von Restriktionen beachtet werden müssen, gibt es keinen Algorithmus, mit dem die Forderungen (13) und (14) mit vertretbarem Aufwand so erfüllt werden können, daß die Fonds hinreichend vollständig und gleichmäßig ausgelastet werden können. Es ist noch viel systematische Arbeit zu leisten, um die genannten Probleme befriedigend zu lösen. Diese Arbeiten sollten mit der Schaffung von Beratungssystemen verbunden werden, in deren Wissensbasen das, wenn auch zum Teil unscharfe, vage und nur durch verbale Regeln formulierbare Wissen über die genannten Zusammenhänge geeignet strukturiert zusammengefaßt wird und die situationsbezogene bewertete Strategien zur Aufstellung von Planvarianten vorschlagen und hierfür geeignete Regeln und Algorithmen enthalten. Die Wissensbasen müssen betriebsspezifisch gefüllt werden, während ihre Strukturen und die Inferenzsysteme weitgehend für Betriebstypen als „expertsystem-shells" geschaffen werden können.

3.2. Produktionsprogrammplanung für ein Jahr und die Jahresplanung

Bei der Produktionsprogrammplanung für ein Jahr und bei der Jahresplanung sind die Anforderungen und Kapazitäten für Zeitabschnitte (hierfür sollen im folgenden ohne Einschränkung der Allgemeinheit Monate verwendet werden) zu planen und die Zeitverschiebungen zwischen den Fertigungsstufen st zu berücksichtigen [22]. Um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen, sollen einige vereinfachende Annahmen gemacht werden. Die Arbeiten auf den Arbeitsplatzgruppen $j = 1, \ldots, J$ für ein im Monat k^* fertigzustellendes Finalerzeugnis sollen in den $k_0 + 1$ Monaten $k^* - k_0$, $k^* + 1 - k_0, \ldots, k^*$ geleistet werden. Das soll so geschehen, daß alle für das Erzeugnis i auf j notwendigen Arbeiten im selben Zeitraum $k = k^* - k_0, \ldots, k^*$ durchgeführt werden.
Die Arbeiten auf $j = 1, \ldots, J1$ sollen in $k^* - k_0$, die auf $j = J1 + 1, \ldots, J2$ in $k^* - k_0 + 1$ usw. ausgeführt werden. Weiterhin sollen die Monate mit den Fertigungsstufen st nach

$$\begin{array}{lllll} st\colon & 1 & 2 & 3 & \ldots ST \\ k\colon & k^* - k_0 & k^* - k_0 + 1 & k^* - k_0 + 2 & \ldots k^* \end{array} \tag{15}$$

verbunden werden. Das läßt sich häufig auch praktisch durch geeignete Zusammenfassung von Fertigungsabschnitten zu Fertigungsstufen und durch Zusammenfassen des Monatsbedarfs der jeweils identischen Erzeugnisse jeder Stufe zu einem Los erreichen. Aus der Arbeitszeitaufwandsmatrix wird dann

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,1} \\ \vdots & \vdots\ \vdots\ \vdots & \vdots \\ a_{J1,1} & \cdots & a_{J1,1} \\ a_{J1+1,1} & \cdots & a_{J1+1,1} \\ \vdots & \vdots\ \vdots\ \vdots & \vdots \\ a_{J,1} & \cdots & a_{J,1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_{ST} \end{pmatrix}. \tag{16}$$

Mit dem Sortimentsvektor $s(k^*) = (s_i(k^*))$ der im Monat k^* fertigzustellenden Finalerzeugnisse ergibt sich:

$$As(k^*) = \begin{pmatrix} b_1^{k^*}(k^* - k_0) \\ \vdots \\ b_{ST}^{k^*}(k^*) \end{pmatrix}. \tag{17}$$

Dabei sind

$$b_1^{k^*}(k^* - k_0) = \begin{pmatrix} b_1^{k^*}(k^* - k_0) \\ \vdots \\ b_{J1}^{k^*}(k^* - k_0) \end{pmatrix} \ldots b_{ST}^{k^*}(k^*) = \begin{pmatrix} b_{J(k-1)+1}^{k^*}(k^*) \\ \vdots \\ b_J^{k^*}(k^*) \end{pmatrix}. \tag{18}$$

Die Komponenten der Vektoren (18) sind die Arbeitszeitaufwände auf den Arbeitsplatzgruppen $j = 1, \ldots, J1, j = J1 + 1 \ldots, J2$ usw., die in den Zeiträumen $k = k^* - k_0, \ldots, k^*$ für die in k^* fertigzustellenden Finalerzeugnisse abzuarbeiten sind. Stellt man einen Plan für die in den Monaten $k^* = 1, \ldots, 12 + k_0$ fertigzustellenden Finalerzeugnisse auf, dann wird mit

$$S = (s(1) \ldots s(12)) \tag{19}$$

$$AS = \begin{pmatrix} b_1^1(1 - k_0) & b_1^2(2 - k_0) & \ldots & b_1^{12}(12 - k_0) & \ldots & b_1^{12+k_0}(12) \\ b_2^1(2 - k_0) & b_2^2(3 - k_0) & \ldots & b_2^{12}(12 - k_0) & \ldots & b_2^{12+k_0}(13) \\ \vdots & \vdots & \vdots\ \vdots\ \vdots & \vdots & \vdots\ \vdots\ \vdots & \vdots \\ b_{ST}^1(1) & b_{ST}^2(2) & \ldots & b_{ST}^{12}(12) & \ldots & b_{ST}^{12+k_0}(12 + k_0) \end{pmatrix} \tag{20}$$

Die hochgestellten Indizes geben die Monate k^* an, in denen die zu dem jeweiligen Arbeitszeitaufwand gehörenden Finalerzeugnisse fertiggestellt werden sollen, die tiefgestellten die jeweilige Fertigungsstufe st.
Sortiert man die Elemente der Matrix (20) so um, daß die Vektoren $b_{St}^{k^*}(k)$, die sich auf den gleichen Bearbeitungszeitraum $k \in \{(1 - k_0), \ldots, (12 + k_0)\}$ beziehen, untereinander stehen, dann erhält man den auf Monate und Arbeitsplatzgruppen aufgeschlüsselten Jahresplan der Arbeitszeitaufwände

$$B = \begin{pmatrix} b_1^{1+k_0}(1) & \ldots & b_1^{12+k_0}(12) \\ \cdot & \ldots & \cdot \\ \cdot & \ldots & \cdot \\ b_{ST}^1(1) & \ldots & b_{ST}^1(12) \end{pmatrix}. \tag{21}$$

Es müssen, wenn die $b_j^F(k)$ verfügbare Fonds und $b_j(k)$ die Elemente der Vektoren in (21) sind,

$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{k=1}^{12} (b_j^F(k) - b_j(k)) \geqq 0 \tag{22}$$

und

$$\sum_{k=1}^{12} (b_j^F(k) - b_j(k)) \geqq 0\,; \qquad \forall j \in \{1, \ldots, J\} \tag{23}$$

gelten. Will man weiterhin eine über das Jahr möglichst gleichmäßige Auslastung der personellen und materiellen Ressourcen erreichen und mit einer möglichst geringen Umlaufmittelbindung auskommen, muß außerdem

$$b_j^F(k) - b_j^k(k) \approx 0\,, \qquad \forall j\,, \qquad \forall k \in \{1, \ldots, 12\} \tag{24}$$

angestrebt werden.

Ähnlich wie bei der gleitenden Produktionsprogrammplanung (Abschn. 3.1.) sind die Bedingungen (22) bis (24) durch technische oder technologische Maßnahmen, durch Fondsabgleich, durch Änderung der Termine, durch Wettbewerb, durch Kooperation usw. zu erfüllen. Zur Berechnung von Planvarianten sollten auch für die Jahresproduktionsprogrammplanung und die Jahresplanung Beratungssysteme entwickelt werden. Dazu sind analoge Probleme wie bei der gleitenden Produktionsprogrammplanung zu lösen. Jedoch sind die auf in hohem Maße aggregierten Größen beruhenden Matrizen $\boldsymbol{A}$ und $\boldsymbol{B}$ und die Beziehung (20) hierzu wenig geeignet. Es werden, ausgehend von den Erzeugnisstammdateien, durch Stücklistenauflösung die Pläne für die in den Stufen bzw. in den ihnen entsprechenden Monaten zu fertigenden Teile aufgestellt. Dabei werden alle in einem Monat k in der Stufe st zu bearbeitenden identischen Teile, die zu im Monat k^* fertigzustellenden Finalerzeugnisse gehören, zu einem Los zusammengefaßt. Von diesen Plänen ausgehend werden dann, ähnlich wie im Abschn. 3.1., die Beziehungen zu den Einflußfaktoren hergestellt, die die Grundlagen eines Beratungssystems zur Jahresprogramm- und Jahresplanung bilden.

Die Pläne sind auftrags- und kundenanonym und einstufig, d. h., sie enthalten keine Angaben darüber, welche Erzeugnisse in welcher Stückzahl in welche Erzeugnisse der Folgestufen eingehen.

Die Vorbereitung und Durchführung der beschriebenen Planungsvorgänge erfordern einen erheblichen Speicher- und Rechenaufwand und sehr umfangreiche Programmsysteme, die i. allg. bezüglich Speicherplatzbedarf und Rechengeschwindigkeit optimiert sein müssen [22].

Bei der Entwicklung von Beratungssystemen, die situationsbezogen Planungsstrategien vorschlagen, ihre Realisierung unterstützen und ihre Auswirkungen überprüfen, sind leistungsfähige Rechner oder Rechnersysteme und Softwaresysteme einzusetzen.

In den betrachteten Plänen werden noch ein relativ hoher Aggregationsgrad, eine relativ geringe Detaillierung und relativ grobe Näherungen verwendet. Es wird angegeben, was in welchem Monat herzustellen ist, aber nicht, wann das in welcher Reihenfolge zu geschehen hat; es wird mit Erwartungswerten gerechnet, d. h. stochastische Effekte werden nur pauschal berücksichtigt, der Ist-Stand der Fertigung wird i. allg. recht unvollkommen berücksichtigt. Diese Einschränkungen müssen bei der Monatsplanung und der operativen Planung, Überwachung und Steuerung der Fertigung aufgehoben werden.

3.3. Operative Planung, Überwachung und Steuerung der Fertigung

Bei der operativen Planung, Überwachung und Steuerung lassen sich das gesamte Fertigungssystem und jede einzelne Fertigungsstufe als Bedienungsnetzwerke modellieren, in denen die stochastischen Eigenschaften der Forderungsströme und Bedienknoten und die Rückkopplung des Fertigungsfortschritts auf Forderungsströme und Eigenschaften der Bedienknoten berücksichtigt werden.

Es können typische Situationen unterschieden werden, die durch den Verkehrswert ϱ charakterisiert sind.

Ist $\varrho < 0{,}9 \ldots 0{,}95$, dann sind die Reservekapazitäten so groß, daß i. allg. nur kleine Warteschlangen auftreten. Stochastische Schwankungen der Forderungsströme und der Bedienungskapazitäten und Stauprozesse können praktisch vernachlässigt werden.

Wird im überkritischen Bereich $\varrho > 1$ gearbeitet, treten große, ständig wachsende Warteschlangen auf, die, wenn dieser Zustand längere Zeit anhält, zu so großen Staus führen können, daß die betrieblichen Prozesse zusammenbrechen. Sind die Warteschlangen vor allen Bedienknoten so groß, daß zu jedem Zeitpunkt eine praktisch 100%ige Auslastung der Kapazitäten gesichert ist, dann reduzieren sich die Bedienungsprobleme auf reine Bilanzierungsprobleme. Zwischen den Fertigungsstufen entstehen Wartezeiten, in denen noch an Aufgaben für früher auszuliefernde Finalerzeugnisse gearbeitet wird. Bild 6 verdeutlicht diese Zusammenhänge für einen seriellen Fertigungsprozeß.

Treten zusätzlich zwischen den Arbeitsplätzen (Arbeitsgängen) innerhalb der Fertigungsstufen größere Wartezeiten auf, können die Durchlaufzeiten durch die Fertigungsstufen wesentlich größer als 1 Monat werden. Es muß mit entsprechend größeren Planabschnitten gerechnet werden. Die heute in vielen Betrieben noch übliche Praxis mit großen Wartezeiten zu arbeiten, sichert zwar eine hohe Kapazitätsauslastung, führt aber selbst dann, wenn die Wartezeiten stationär bleiben, zu hohen Durchlaufzeiten und damit zu hohen Umlaufmittelbindungen und i. allg. zu einer unvertretbar geringen Flexibilität.

Im Bereich $0.9 \ldots 0.95 < \varrho < 0{,}99 \ldots 1$ hat die Planung unter Berücksichtigung der stochastischen Eigenschaften, wie Warteschlangenlänge, Wartezeiten und deren Häufigkeits- und Wahrscheinlichkeitsverteilungen, zu erfolgen. Dazu ist es erforderlich, die Bediensysteme zu modellieren. Da bei Klein- und Mittelserienfertigung i. allg. während eines Planabschnittes k keine stationären Gleichgewichte eintreten, sind hier die analytischen Ansätze der Bedienungstheorie nicht brauchbar. Die Modellierung muß durch Simulation oder rekursive Berechnung der dynamischen Eigenschaften des Bediensystems erfolgen. Für komplexe Systeme liegen hierzu aufgrund des i. allg. sehr hohen Rechenaufwandes noch wenig Erfahrungen vor. Untersuchungen, die für bestimmte Situationsklassen die Eigenschaften der Bedienungssysteme zu schätzen gestatten, werden durchgeführt (siehe z. B. [7] [23] und [24]). Üblicherweise wird noch mit Schätzungen der Erwartungswerte von Wartezeiten gearbeitet.

Für die Steuerung der Fertigung gibt es eine Reihe möglicher Strategien. Es sollen hier nur

— die belastungs- und reichweitenorientierte Steuerung
— die durchlaufplanorientierte Steuerung,

skizziert werden.

Die *belastungs- und reichweitenorientierte Steuerung* [7] und [23] hat den Vorteil, daß sie ein relativ gut funktionierendes Steuerungssystem mit einem heute in vielen Betrieben vertretbaren Aufwand ermöglicht. Die Nachteile bestehen darin, daß erst zum Zeitpunkt der Einsteuerung festgestellt wird, wann, wo und was zu geschehen hat, daß zu diesem Zeitpunkt alle erforderlichen Vorarbeiten für alle im Monat (Planzeitraum) zu steuernden Lose in den Vorstufen abgeschlossen sein müssen und daß relativ wenig Freiheitsgrade existieren.

Die *durchlaufplanorientierte Steuerung* geht vom Monatsplan der jeweiligen Fertigungsstufe aus. Einige Monate vor Fertigungsbeginn in einer Stufe werden die Monatspläne für den Fertigungsmonat vorgegeben. Diese Pläne werden aktualisiert. Es wird geprüft, ob die Bedingungen (22) und (23) erfüllt sind und wann die Vorleistungen aus den vorgelagerten Stufen zur Verfügung stehen.

Bei wesentlichen Soll-Ist-Abweichungen werden durch das Beratungssystem Maßnahmen zur Überwindung dieser Abweichungen vorgeschlagen. Mit dem Beratungssystem werden situationsbezogene Strategien zur auf Tage aufgeschlüsselten Einsteuerung von Losen vorgeschlagen und nach der Entscheidung des Disponenten automatisch abgearbeitet. Der Einsteuerplan wird auf der Basis der Erwartungswerte der Forderungen und der Kapazitäten so gebildet, daß Arbeitsplatzgruppen möglichst gleichmäßig ausgelastet werden und der Plan erfüllt werden kann. Anschließend werden den Forderungen und Kapazitäten zu erwartende stochastische Schwankungen überlagert und die mit Wahrscheinlichkeit zu erwartenden Prozeßkenngrößen (Wartezeiten, Übergabe- und Abschlußtermine, Auslastungsgrade usw.) durch Simulation oder rekursive Berechnung ermittelt und mit der Zielstellung verglichen. Werden an einer Stelle des Planungsprozesses keine befriedigenden Ergebnisse erhalten, können das Beratungssystem und/oder der Dispatcher zurücksetzen und mit anderen Strategien eine Verbesserung der Ergebnisse versuchen [25]. Die Steuerung erfolgt so, daß Abweichungen zwischen dem operativen Plan und dem Ist korrigiert werden.

Die durchlaufplanbezogene Steuerung ist in der Regel nur mit Hilfe von rekursiven Berechnungen oder Simulationen stochastischer Prozesse und mit Hilfe eines leistungsfähigen Beratungssystems sinnvoll. Ihre Entwicklung erfordert noch umfangreiche Untersuchungen von Wirkungszusammenhängen, umfangreiche situationsbezogene Berechnungen und Simulationen typischer Bedienprozesse sowie sehr umfangreiche Programmierarbeiten, die nur schrittweise und langfristig bewältigt werden können. Damit wurde

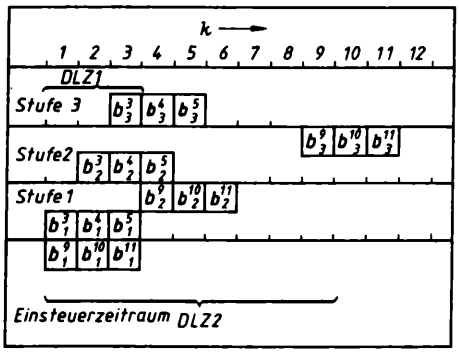


Bild 6.
Zeitverschiebung durch Wartezeiten
Oberhalb der Abszissen: Ohne Wartezeiten zwischen den Fertigungsstufen, DLZ 1
Unterhalb der Abszissen: Mit Wartezeiten zwischen den Fertigungsstufen, DLZ 2

begonnen [12] und [23] bis [25]. Die durchlaufplanbezogene Steuerung ermöglicht eine gegenüber anderen Strategien höhere Flexibilität und Ressourcenauslastung.

Schlußfolgerungen

Um auf der Basis der internationalen und in der DDR vorhandenen Grundlagen und deren effektiver Nutzung Systeme der rechnergestützten Leitung von Betrieben und Kombinaten so aufbauen zu können, daß von ihnen ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Leistung der Volkswirtschaft erbracht wird, sind u. a. folgende Aufgaben zu lösen:

- Durch Ausbildungs- und Weiterbildungsmaßnahmen, bei denen die KDT wichtige Aufgaben zu erfüllen hat, sind die ideologischen und fachlichen Grundlagen für den Aufbau rechnergestützter Systeme der Leitung zu schaffen. Dabei ist von der Notwendigkeit solcher Systeme zu überzeugen und es sind die wichtigsten Zielstellungen der Systeme und die Grundlagen für die Organisation und Leitung zu vermitteln.
- Eine vorausschauende wissenschaftlich-konzeptionelle Arbeit zum Aufbau rechnergestützter Systeme der Leitung ist in den Betrieben und Kombinaten zu gestalten oder weiterzuentwickeln.
- Beispiele von durchgängig flexibel automatisierten Systemen sind zu schaffen.
- Die Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen durchgängig flexibel automatisierter Systeme und der zugehörigen Hard- und Software ist innerhalb der Volkswirtschaft arbeitsteilig und koordiniert zu organisieren.

Literatur

[1] Rost, M.: Integration von EDV-Systemen in der industriellen Produktion. Physikinformationen, Berlin 12 (1986) 5, S. 17—45.

[2] Estensen, K. B. L.; Falster, P.; Warman, E. A. (Herausgeber): Computer Applikations in Production and Engineering. CAPE'86. Proc. of the IFIP TC 5 Second International Conference. Copenhagen/Denmark 1986. Amsterdam: North-Holland 1987.

[3] Geitner, U.: Rechnergestützte Produktion — Ein Überblick über den Stand von Praxis und Forschung. ZWF 81 (1986) 1, S. 9—14.

[4] Voigt, G.; Cramer, S.: Diskontinuierliche technologische Prozesse. Berlin: Akademie-Verlag 1986.

[5] Tondl, L.: New Paradigmas of Design and the Function of CAD. First International Conferenc on CAD in Investment (ICCADI 87), Karlovy Vary/CSSR, 1. bis 3. Dezember 1987.

[6] Voigt, G.: Some Remarks on a Philosophy and Uniform Modelling Conception of General Flexibly Automated Manufacturing Systems and the Applikation of Advisory Systems. First International Conference on CAD in Investment (ICCADI 87), Karlovy Vary/CSSR, 1. bis 3. Dezember 1987.

[7] Lippold, J.: Einsatz von Modellen der rechnergestützten Prozeßablaufplanung und Fertigungsprozeßsteuerung in vernetzten Werkstatt-Fertigungsprozessen zur schrittweisen Automatisierung der Klein- und Mittelserienfertigung. Dissertation B, IHS Mittweida 1985.

[8] Voigt, G.: Entwicklungstendenzen bei der Analyse, Planung, Überwachung und Steuerung technologischer Prozesse im Gerätebau. Wissenschaftliche Arbeiten der IHS Mittweida, VIII. Wissenschaftliche Konferenz 1987.

[9] Sekowski, B.: Stand und Tendenzen bei der Entwicklung von Expertensystemen. Physikinformationen, Berlin 12 (1986) 1, S. 9—31.

[10] Balzer, D.; Müller, R.: Softwaretechnologie und Softwareprojektierung — Entwicklungstrends. msr, Berlin 30 (1987) 2, S. 50—53.

[11] John, P.: Beitrag zur Entwicklung eines durchgängigen rechnergestützten Informationssystems CAD/CAM für einen Betrieb des elektronischen Gerätebaus, dargestellt am Beispiel der Kartenbaugruppenfertigung und -prüfung des VEB Numerik „Karl Marx" Karl-Marx-Stadt. Dissertation A, IHS Mittweida 1986.

[12] Eck, K.: Zielsetzung der rechnergestützten Steuerung der Produktion im elektronischen Gerätebau, dargestellt am VEB Numerik „Karl Marx", Dissertation A, IHS Mittweida 1987.

[13] Balzer, D.; Böhme, B.: Zum Einfluß der künstlichen Intelligenz auf Theorie und Praxis der Prozeßautomatisierung. msr, Berlin 30 (1987) 12, S. 530—534.

[14] Böhme, D.; Wernstedt, J.: Entwurfskonzepte für Beratungssysteme zur Lösung kybernetischer Aufgaben. msr, Berlin 30 (1987) 12, S. 535—539.

[15] Bernold, T. (Herausgeber): Artificial Intelligence in Manufacturing. Proc. of the Technology Assessment and Management Conference, Zürich/Schweiz 1985.

[16] Vansteenkiste, G. C.; Strybol, L.; Kerckhoffs, E. J. H.; van den Herik, H. J.: Simulation environment for illdefined Systems. Europ. Congr. on Simulation, Prag, 21. bis 25. September 1987.

[17] Kerckhoffs, E. J. H.; van den Herik, H. J.; Hofland, A.; Vansteenkiste, G. C.: A view on parallel knowledge-based systems in simulation/The hydra project. (wie [16]).

[18] Lauenroth, H.-G. (Herausgeber): Innovationsstrategien der flexiblen Automatisierung. AdW der DDR, Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft, itw-Kolloquien, Berlin (1986) 55.

[19] Greinert, L.: CIM in den Planungen einer Automobilfabrik. VDI-Berichte 580, Düsseldorf: VDI-Verlag 1985.

[20] Neumann, A.; Dauscha, W.; Friedrich, G.-R.; Modrow, H. D.; Kaltwasser, J.; Vieweg, Th.: Einige Aspekte der organisatorischen Steuerung flexibler Fertigungssysteme. msr, Berlin 29 (1986) 12, S. 539—542.

[21] Voigt, G.; Lippold, J.: Analysis Modelling and Control of Complex Manufacturing Systems. Systems Analysis and Simulation 1985. Math. Res. 28. Berlin: Akademie-Verlag 1985.

[22] Förster, Th.: Probleme und Lösungsvorschläge der rechnergestützten Prozeßablaufplanung zur Sicherung von Flexibilität, Stabilität und Zuverlässigkeit der Einzel- und Kleinserienfertigung im elektronischen Gerätebau, dargestellt am Beispiel des VEB Numerik „Karl Marx". Dissertation A, IHS Mittweida 1986.

[23] Bergmann, F.: Probleme und Lösungsvorschläge zur Minimierung der Durchlaufzeiten in diskontinuierlichen Fertigungsprozessen im elektronischen Gerätebau unter Anwendung verschiedener Steuerstrategien. Dissertation A, IHS Mittweida 1988.

[24] Masuth, P.: Simulationsprogramm eines stochastischen Fertigungsprozesses. Diplomarbeit IHS Mittweida 1987.

[25] Lohrmann, F.: Grundsatzuntersuchungen zum Aufbau eines Beratungssystems für die operative Fertigungsplanung. Diplomarbeit, IHS Mittweida 1988.

msr 8918

M. Radtke

Block-Frobenius-Normalformen für diskontinuierliche T-Systeme

0. Einleitung

Für lineare Mehrgrößensysteme existieren die Normalformen von LUENBERGER [1] bis [4]. Sie sind im allgemeinen nicht eindeutig, und der Umgang mit ihnen ist umständlich. Eine eingeschränkte Klasse von Systemen soll definiert werden, für die Eindeutigkeit und Analogie zu den bekannten 1,1-Systemen (Systeme mit einer Eingangs- und einer Ausgangsgröße) erreicht werden soll.

1. Definition der Systemklasse

Diskontinuierliche Systeme der Ordnung n (Zahl der unabhängigen Energiespeicher; Dimension des Zustandsvektors) und der Beschreibung

$$\begin{aligned} \boldsymbol{q}_{k+1} &= \boldsymbol{G}\boldsymbol{q}_k + \boldsymbol{H}\boldsymbol{u}_k \\ \boldsymbol{x}_k &= \boldsymbol{C}\boldsymbol{q}_k + \boldsymbol{D}\boldsymbol{u}_k \end{aligned} \tag{1}$$

werden diskontinuierliche T-Systeme (transformierbare Systeme) genannt, wenn gilt:

1. Die Anzahl der Eingänge m ist gleich der Anzahl der Ausgänge r, d. h.

$$m = r\,. \tag{2}$$

2. Die Systeme haben einen maximalen Erreichbarkeitsindex n/m und einen maximalen Beobachtbarkeitsindex n/r [3], beide sind gleich dem Grad n' der Vektordifferenzengleichung

$$\frac{n}{m} = \frac{n}{r} = n'\,. \tag{3}$$

3. Die Systeme sind vollständig steuerbar und beobachtbar, d. h., die Prüfmatrizen

$$\boldsymbol{V} = [\boldsymbol{H}\ \boldsymbol{G}\boldsymbol{H}\ \ldots\ \boldsymbol{G}^{n'-1}\boldsymbol{H}]\,, \tag{4}$$

$$\boldsymbol{W} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{C} \\ \boldsymbol{C}\boldsymbol{G} \\ \vdots \\ \boldsymbol{C}\boldsymbol{G}^{n'-1} \end{bmatrix}$$

sind regulär.

2. Besonderheiten der Systemklasse

a) Eingrößensysteme sind T-Systeme mit $m = r = 1$ (1,1-Systeme) und $n = n'$.
Die bekannten Eigenschaften von 1,1-Systemen, z. B. die Transformierbarkeit in Normalformen, die Existenz von Übertragungsbeziehungen, die Anwendbarkeit spezieller Regelungskonzepte, wie Dead-beat- und Minimum-Varianz-Prinzip, werden sich als auf r,r-Systeme, $r > 1$, übertragbar erweisen.

b) Bei 1,1-Systemen entstehen duale Beschreibungen dadurch, daß die Systemmatrix transponiert wird und daß Ein- und Ausgangsvektoren vertauscht werden.
Damit diese Vertauschbarkeit von der Dimension her bei m,r-Systemen möglich ist, wird (2) gefordert. Dies führt beim Entwurf auf den wichtigen Fall der echten r-fach-Regelungen (ohnehin müßten bei $m > r$ die linearen Abhängigkeiten der Steuergrößen beseitigt werden, und bei $m < r$ könnten nicht alle Sollwerte erreicht werden). Dabei kann der Zustand exakt berechnet werden, so daß keine Zustandsschätzung vorgenommen werden muß (siehe Abschn. 5.2.). Infolge der kompakten Strukturierung der T-Systeme, (3), sind alle Ausgangsgrößen gleichberechtigt, der Entwurf einer die Kopplungen einbeziehenden r-fach-Regelung ist daher anzustreben.

c) (3) bedeutet, daß ein Zustand der Dimension n wegen der r Steuerungen bereits in n' Schritten zu erreichen und daß er wegen der r Ausgänge bereits in n' Schritten zu beobachten ist. Die Vektordifferenzengleichung n'-ten Grades

$$\boldsymbol{x}_k = -\sum_{i=1}^{n'} \boldsymbol{A}_i \boldsymbol{x}_{k-i} + \sum_{i=0}^{n'} \boldsymbol{B}_i \boldsymbol{u}_{k-i} \tag{5}$$

entspricht der Übertragungsbeziehung

$$\boldsymbol{X}(z) = [\mathfrak{A}(z^{-1})]^{-1}\,\mathfrak{B}(z^{-1})\,\boldsymbol{U}(z) = \bar{\boldsymbol{G}}(z)\,\boldsymbol{U}(z) \tag{6}$$

mit den $(r \times r)$-Polynommatrizen

$$\begin{aligned} \mathfrak{B}(z^{-1}) &= \boldsymbol{B}_0 + z^{-1}\boldsymbol{B}_1 + \ldots + z^{-n'}\boldsymbol{B}_{n'}\,, \\ \mathfrak{A}(z^{-1}) &= \boldsymbol{I} + z^{-1}\boldsymbol{A}_1 + \ldots + z^{-n'}\boldsymbol{A}_{n'}\,. \end{aligned} \tag{7}$$

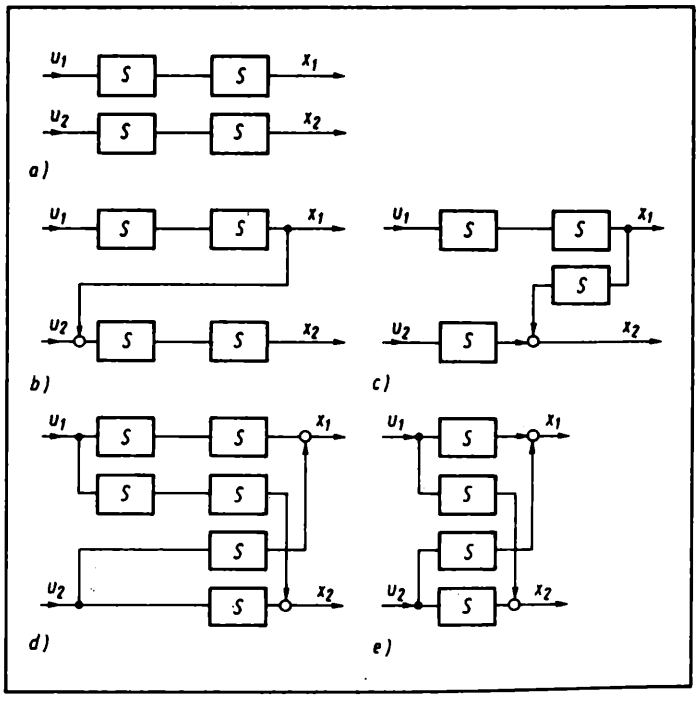
Die Übertragungsbeziehung (6) läßt nicht alle Analogien zum 1,1-Fall zu, so daß eine weitere identische Form zu finden ist (siehe Abschn. 4.4.).
Eine Zustandsdarstellung von (5) ist eine Minimalbeschreibung, denn sie hat

$$(m + r) \cdot n + m \cdot r = (2r) \cdot r \cdot n' + r \cdot r = (2n' + 1) \cdot r^2 \tag{8}$$

Parameter [3].

d) Nur solche Systeme sind zur Klasse gehörig, für die die Anzahl der Zustandsvariablen n ein ganzes Vielfaches der Anzahl der Ausgänge r ist. Auf jeden Ausgang wirken daher n' unabhängige Speicherglieder von Eingängen oder anderen Ausgängen her ein. Für

Bild 1. Beispiele für 2,2-T-Systeme
a) ungekoppelt; b), c) einseitig gekoppelt; d), e) zweiseitig gekoppelt



Dr.-Ing. MANFRED RADTKE (51) studierte von 1955 bis 1961 an der TH Dresden, Fachrichtung Elektrische Antriebe und Bahnen. Von 1961 bis 1967 wissenschaftlicher Assistent am Institut für Regelungstechnik der TH Ilmenau. 1967 bis 1968 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Regelungstechnik Berlin. 1967 Promotion A. Seit 1968 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Sektion Technische und Biomedizinische Kybernetik, WB Automatische Steuerung, der TH Ilmenau.

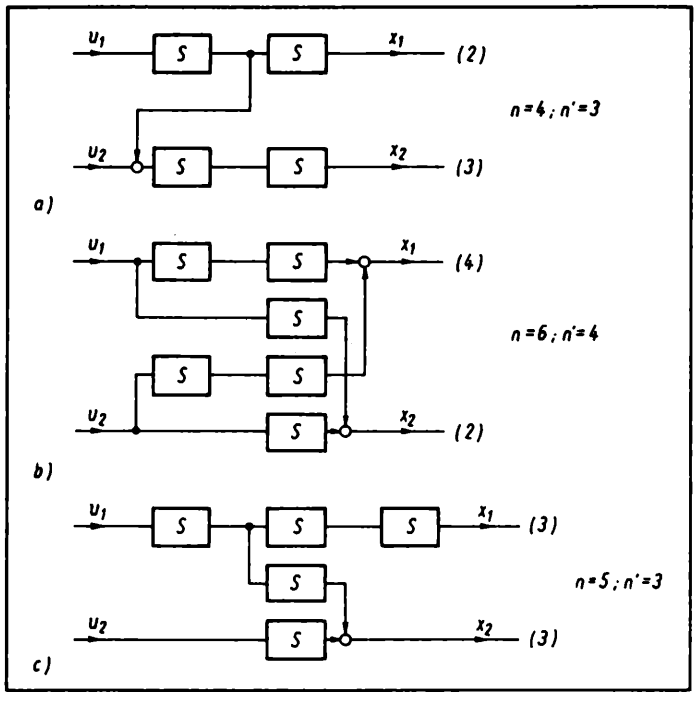


Bild 2. Beispiele für nichttransformierbare 2,2-Systeme
a), b) $n' > n/r$; c) n ist nicht Vielfaches von r

jeden Ausgang ist somit nach (6) notwendig, daß ein entsprechender Hauptnenner vom Grade n' vorliegt. Eine formale Erweiterung des Zustandes würde (4) verletzen. Beispiele für T-Systeme zeigt Bild 1 (S ist jeweils ein unabhängiges Speicherglied; ein Ausklammern oder Kürzen soll nicht möglich sein).
Nicht zur untersuchten Klasse gehören die Beispiele von Bild 2 (für jeden Ausgang ist in Klammern der Grad des Hauptnenners angegeben).
Durch Identifikation mit vorgegebener Ordnung n' der Differenzengleichung (5) kann man T-Systeme als Approximation erhalten. Gegebenenfalls ist auch durch gerätetechnische Manipulationen auf T-Systeme umzustrukturieren.

e) Gemäß [3] gibt es für 1,1-Systeme vier verschiedene Normalformen vom Frobenius-Typ.
Bei r,r-Systemen werden diese nun zu Block-Frobenius-Matrizen, die aus r,r-Blöcken bestehen:

$$\mathfrak{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \boldsymbol{I} & & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & & \boldsymbol{I} \\ -\boldsymbol{A}_{n'} & -\boldsymbol{A}_{n'-1} & & -\boldsymbol{A}_1 \end{bmatrix}. \tag{9}$$

Als Analogon zur Transposition wird die „Blocktransposition" eingeführt, bei der die Blöcke selbst unverändert bleiben, ihr Platz in der Matrix aber durch Transposition des ersten Blockelementes bestimmt wird:

$$\mathfrak{F}^{\Pi} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & -\boldsymbol{A}_{n'} \\ \boldsymbol{I} & & \mathbf{0} & -\boldsymbol{A}_{n'-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \dots & \boldsymbol{I} & -\boldsymbol{A}_1 \end{bmatrix} \tag{10}$$

Die Blocktransposition wird für 1,1-Systeme zur üblichen Transposition. Stets gilt

$$(\boldsymbol{K}^{\Pi})^{\Pi} = \boldsymbol{K}, \tag{11}$$

aber im allgemeinen ist

$$(\boldsymbol{K} \cdot \boldsymbol{L})^{\Pi} \neq \boldsymbol{L}^{\Pi} \cdot \boldsymbol{K}^{\Pi}.$$

Wenn jedoch $\boldsymbol{L}_{10}$ ausschließlich aus $\boldsymbol{I}$- und $\mathbf{0}$-Blöcken besteht, dann ist

$$(\boldsymbol{K} \cdot \boldsymbol{L}_{10})^{\Pi} = \boldsymbol{L}_{10}{}^{\Pi} \cdot \boldsymbol{K}^{\Pi} = \boldsymbol{L}_{10}{}^{T} \cdot \boldsymbol{K}^{\Pi}. \tag{12}$$

Eine „blocksymmetrische" Blockmatrix entsteht aus (4):

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{W} \cdot \boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{CH} & \boldsymbol{CGH} & \dots & \boldsymbol{CG}^{n'-1}\boldsymbol{H} \\ \boldsymbol{CGH} & \boldsymbol{CG}^{2}\boldsymbol{H} & & \boldsymbol{CG}^{n'}\boldsymbol{H} \\ \vdots & & & \vdots \\ \boldsymbol{CG}^{n'-1}\boldsymbol{H} & \boldsymbol{CG}^{n'}\boldsymbol{H} & \dots & \boldsymbol{CG}^{2n'-2}\boldsymbol{H} \end{bmatrix} = \boldsymbol{R}^{\Pi}. \tag{13}$$

$\boldsymbol{R}$ ist damit transformationsinvariant.
Mit der Einführung der Blocktransposition und den Regeln (11) und (12) wird die Analogie der r,r-T-Systeme zu den 1,1-Systemen ableitbar.

3. Normalformen der Rekonstruierbarkeit s und der Beobachtbarkeit z

Die Normalform der Rekonstruierbarkeit s ist auch für Mehrgrößensysteme seit langem bekannt [5], ihre Existenz war der Anlaß zum Auffinden auch der anderen Normalformen. Sie ermittelt sich aus (5) durch die Festlegungen

$$\begin{aligned} \boldsymbol{x}_k &= \boldsymbol{B}_0 \boldsymbol{u}_k + \boldsymbol{s}_{n'k}, \\ \boldsymbol{s}_{n',k+1} &= \sum_{i=1}^{n'} (-\boldsymbol{A}_i \boldsymbol{x}_{k+1-i} + \boldsymbol{B}_i \boldsymbol{u}_{k+1-i}) = -\boldsymbol{A}_1 \boldsymbol{x}_k + \boldsymbol{B}_1 \boldsymbol{u}_k + \boldsymbol{s}_{n'-1,k}, \\ \boldsymbol{s}_{n'-1,k+1} &= \sum_{i=2}^{n'} (-\boldsymbol{A}_i \boldsymbol{x}_{k+2-i} + \boldsymbol{B}_i \boldsymbol{u}_{k+2-i}) = \\ &= -\boldsymbol{A}_2 \boldsymbol{x}_k + \boldsymbol{B}_2 \boldsymbol{u}_k + \boldsymbol{s}_{n'-2,k}, \\ &\vdots \\ \boldsymbol{s}_{1,k+1} &= -\boldsymbol{A}_{n'} \boldsymbol{x}_k + \boldsymbol{B}_{n'} \boldsymbol{u}_k \end{aligned} \tag{14}$$

und deren Umschreiben in globale Matrizenform zu

$$\begin{aligned} \boldsymbol{s}_{k+1} &= \mathfrak{F}^{\Pi} \boldsymbol{s}_k + \boldsymbol{\Gamma} \boldsymbol{u}_k, \\ \boldsymbol{x}_k &= \boldsymbol{E}_{n'}^{\Pi} \boldsymbol{s}_k + \boldsymbol{D} \boldsymbol{u}_k. \end{aligned} \tag{15}$$

Dabei entsteht $\mathfrak{F}^{\Pi}$ nach (10), und weiterhin werden

$$\boldsymbol{\Gamma} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{B}_{n'} - \boldsymbol{A}_{n'} \boldsymbol{B}_0 \\ \vdots \\ \boldsymbol{B}_1 - \boldsymbol{A}_1 \boldsymbol{B}_0 \end{bmatrix}, \tag{16}$$

$$\boldsymbol{E}_{n'}^{\Pi} = [\mathbf{0} \dots \mathbf{0}\ \boldsymbol{I}] = \boldsymbol{E}_{n'}^{T}, \qquad \boldsymbol{D} = \boldsymbol{B}_0.$$

Ebenfalls in Analogie zum 1,1-Fall [3] und [4] ergibt sich aus (5) die Normalform der Beobachtbarkeit z:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{z}_{k+1} &= \mathfrak{F} \boldsymbol{z}_k + \boldsymbol{M} \boldsymbol{\Gamma} \boldsymbol{u}_k \\ \boldsymbol{x}_k &= \boldsymbol{E}_1^{\Pi} \boldsymbol{z}_k + \boldsymbol{D} \boldsymbol{u}_k \end{aligned} \tag{17}$$

mit $\mathfrak{F}$ nach (9), $\boldsymbol{\Gamma}$ und $\boldsymbol{D}$ nach (16) sowie

$$\boldsymbol{E}_1^{\Pi} = [\boldsymbol{I}\ \mathbf{0} \dots \mathbf{0}] = \boldsymbol{E}_1^{T} \tag{18}$$

und

$$\boldsymbol{M}^{-1} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A}_{n'-1} & \boldsymbol{A}_{n'-2} & \dots & \boldsymbol{A}_1 & \boldsymbol{I} \\ \boldsymbol{A}_{n'-2} & \boldsymbol{A}_{n'-3} & \dots & \boldsymbol{I} & \\ \vdots & & & & \\ \boldsymbol{A}_1 & \boldsymbol{I} & & & \\ \boldsymbol{I} & & & \mathbf{0} & \end{bmatrix} = (\boldsymbol{M}^{-1})^{\Pi}. \tag{19}$$

Die beiden fehlenden Normalformen der Erreichbarkeit und der Steuerbarkeit sind aus (5) nicht zu erhalten. Hierzu sind geeignete Transformationen einzuführen.

4. Transformationen

4.1. Transformation $s \rightarrow z$

Beim Vergleich von (15) und (17) liest man ab

$$\boldsymbol{z} = \boldsymbol{M} \boldsymbol{s} \tag{20}$$

und nach Ausführung der Transformation sowohl

$$\boldsymbol{M} \mathfrak{F}^{\Pi} \boldsymbol{M}^{-1} = \mathfrak{F}, \tag{21}$$

man verifiziert dies problemlos durch

$$\mathfrak{F}^{\Pi} M^{-1} = M^{-1} \mathfrak{F} ,$$

als auch

$$E_n^{\Pi} M^{-1} = E_1^{\Pi} . \tag{22}$$

Für die Normalform der Beobachtbarkeit z gelten

$$W_z = \begin{bmatrix} E_1^{\Pi} \\ E_1^{\Pi} \mathfrak{F} \\ \vdots \\ E_1^{\Pi} \mathfrak{F}^{n'-1} \end{bmatrix} = I \tag{23}$$

und

$$V_z = W_z^{-1} R = R .$$

Mit (21) und (22) ermittelt man weiterhin

$$W_s = \begin{bmatrix} E_n^{\Pi} \\ E_n^{\Pi} \mathfrak{F}^{\Pi} \\ \vdots \\ E_n^{\Pi} \mathfrak{F}^{\Pi n'-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_n^{\Pi} M^{-1} \\ E_n^{\Pi} M^{-1} M \mathfrak{F}^{\Pi} M^{-1} \\ \vdots \\ E_n^{\Pi} M^{-1} (M \mathfrak{F}^{\Pi} M^{-1})^{n'-1} \end{bmatrix} M = M \tag{24}$$

und

$$V_z = W_s^{-1} R = M^{-1} R ,$$

so daß (20) bestätigt, daß die Normalform der Beobachtbarkeit z aus einer Transformation mit der Beobachtbarkeitsmatrix W entsteht.

4.2. Transformation $s, z \to p$

Die Normalform der Erreichbarkeit p wird durch Transformation mit der reziproken Steuerbarkeitsmatrix V^{-1} erhalten

$$p = R^{-1} M s = R^{-1} z \tag{25}$$

und aus (15) oder aus (17) mit (21) und (22) wird

$$\begin{aligned} p_{k+1} &= R^{-1} M \mathfrak{F}^{\Pi} M^{-1} R p_k + R^{-1} M \Gamma u_k = \Omega p_k + \Psi u_k \\ x_k &= E_n^{\Pi} M^{-1} R p_k + D u_k = \Phi^{\Pi} p_k + D u_k . \end{aligned} \tag{26}$$

Weil

$$V_p = I , \quad \text{d. h.} \quad W_p = R , \tag{27}$$

für die Normalform der Erreichbarkeit p sein muß, ist

$$V_p = I = [\Psi \; \Omega\Psi \; \dots \; \Omega^{n'-1}\Psi] ,$$

d. h.

$$\begin{aligned} \Psi &= E_1 \\ \Omega\Psi &= E_2 \\ &\vdots \\ \Omega^{n'-1}\Psi &= E_{n'} . \end{aligned} \tag{28}$$

Somit hat Ω die Form einer blocktransponierten Block-Frobenius-Matrix

$$\Omega = \mathfrak{F}^{*\Pi} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -A_{n'}^* \\ I & 0 & -A_{n'-1}^* \\ & \ddots & \\ 0 & I & -A_1^* \end{bmatrix} , \tag{29}$$

deren letzte „Blockspalte" sich im allgemeinen von der in (10) unterscheidet (jedoch nicht bei 1,1-Systemen). Die entstehenden Blöcke werden mit $-A_i^*$ bezeichnet. In (26) liefert der Vergleich

$$R^{-1} M \Gamma = \Psi , \qquad E_n^{\Pi} M^{-1} R = \Phi^{\Pi} . \tag{30}$$

Mit (28) und den Rechenregeln (11), (12) und mit (13), (22) ergibt sich

$$M\Gamma = R\Psi = RE_1 = (E_1^{\Pi} R^{\Pi})^{\Pi} = (E_1^{\Pi} R)^{\Pi} = (E_n^{\Pi} M^{-1} R)^{\Pi} = \Phi .$$

Also lautet die Normalform der Erreichbarkeit p vorerst

$$\begin{aligned} p_{k+1} &= \mathfrak{F}^{*\Pi} p_k + E_1 u_k \\ x_k &= (M\Gamma)^{\Pi} p_k + D u_k . \end{aligned} \tag{31}$$

4.3. Transformation $p \to r$

Es verbleibt die Normalform der Steuerbarkeit r, die bei 1,1-Systemen zum Regelungsentwurf häufig Verwendung findet.
Von (31) aus ist, wenn man mit (20) und (21) vergleicht, eine Transformation

$$r = M^* p \tag{32}$$

notwendig, um auf eine Frobenius-Form $\mathfrak{F}^*$ zu kommen. Man konstruiert also aus der Form p

$$(M^*)^{-1} = \begin{bmatrix} A_{n'-1}^* & A_{n'-2}^* & \cdots & A_1^* & I \\ A_{n'-2}^* & A_{n'-3}^* & & I & \\ \vdots & & & & \\ A_1^* & I & & 0 & \\ I & & & & \end{bmatrix} = [(M^*)^{-1}]^{\Pi} \tag{33}$$

und gewinnt

$$\begin{aligned} r_{k+1} &= M^* \mathfrak{F}^{*\Pi} (M^*)^{-1} r_k + M^* E_1 u_k , \\ x_k &= (M\Gamma)^{\Pi} (M^*)^{-1} r_k + D u_k . \end{aligned} \tag{34}$$

Wie oben werden dann

$$M^* \mathfrak{F}^{*\Pi} (M^*)^{-1} = \mathfrak{F}^* , \tag{35}$$

$$M^* E_1 = E_{n'} , \tag{36}$$

und mit der Abkürzung

$$\Gamma^{*\Pi} = (M\Gamma)^{\Pi} (M^*)^{-1} \tag{37}$$

ergeben sich aus (34) und (31) symmetrische Beziehungen zu den beiden erstgenannten Normalformen

$$\begin{aligned} r_{k+1} &= \mathfrak{F}^* r_k + E_{n'} u_k , \\ x_k &= \Gamma^{*\Pi} r_k + D u_k , \end{aligned} \tag{38}$$

$$\begin{aligned} p_{k+1} &= \mathfrak{F}^{*\Pi} p_k + E_1 u_k , \\ x_k &= \Gamma^{*\Pi} M^* p_k + D u_k . \end{aligned} \tag{39}$$

Der Vollständigkeit wegen seien noch angegeben:

$$W_r = W_p (M^*)^{-1} = R (M^*)^{-1} , \quad V_r = M^* V_p = M^* . \tag{40}$$

Anmerkung: Die weiteren vier durch Umkehrung der Reihenfolge der Teilzustände zu erhaltenden Formen sind keine zusätzlichen Normalformen. Sie können durch Transformation mit einer Umordnungsmatrix mit Einheitsmatrixblöcken in der Nebendiagonale erhalten werden. Die Parameterblöcke stehen dann in umgekehrter Reihenfolge links bzw. oben in der Block-Frobenius-Matrix.

4.4. Zusammenstellung der Transformationen

Alle Transformationen der Normalformen untereinander sind im Bild 3 dargestellt.
Für Eingrößensysteme gehen über: $A_i, A_i^* \to a_i$; $B_i, B_i^* \to b_i$ und damit $\mathfrak{F}, \mathfrak{F}^* \to F$; $\Gamma, \Gamma^* \to \gamma$; $E_1 \to e_1$; $E_{n'} \to e_n$; $D \to d = b_0 = b_0^*$; $M = M^*$. Die übliche Transposition ist gültig.
Dual sind die Beschreibungen z und p ($\mathfrak{F} \rightleftarrows \mathfrak{F}^{*\Pi}$, Vertauschen der Ein- und Ausgangsmatrix mit Blocktransposition). Das Paar r und s erfordert zusätzlich $\Gamma^* \rightleftarrows \Gamma$, es ist daher nur im 1,1-Fall dual.
Von einer beliebigen Form q nach (1) mit V, W nach (4) transformiert man nach $z = T_z q$ durch

$$T_z = V_z V^{-1} = RV^{-1} = W . \tag{41}$$

Man kann aus $\mathfrak{F}$ die A_i entnehmen und M^{-1} zusammenstellen. Dann läßt sich transformieren nach $s = T_s q$ durch

$$T_s = V_s V^{-1} = M^{-1} R V^{-1} = M^{-1} W , \tag{42}$$

und man kann über Γ und D nach (16) auf die B_i der vorausgesetzten Differenzengleichung schließen. In der Tat ist aus (15) (oder (17))

$$\tilde{G} = E_{n'}^{\Pi} (zI - \mathfrak{F}^{\Pi})^{-1} \Gamma + D = [\mathfrak{A}(z^{-1})]^{-1} \mathfrak{B}(z^{-1}) \tag{43}$$

in der Form (6) reproduzierbar.

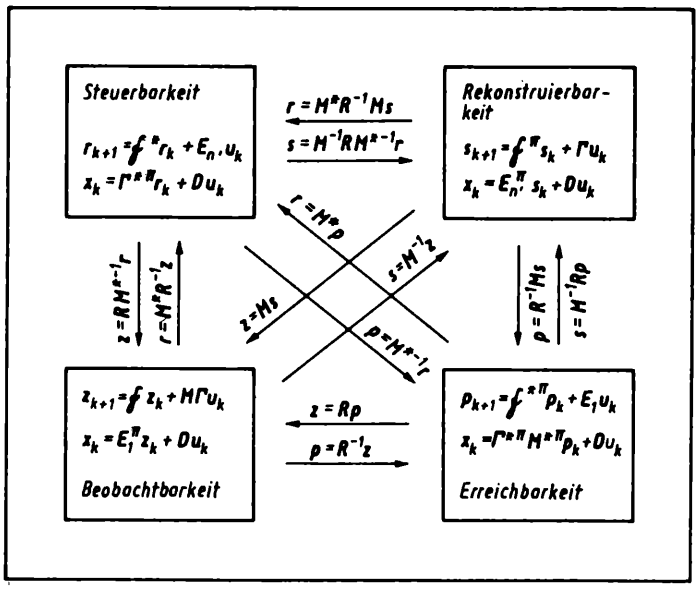


Bild 3. Normalformtransformationen bei T-Systemen

Andererseits transformiert man nach $p = T_p q$ durch

$$T_p = V_p V^{-1} = V^{-1} = R^{-1} W \tag{44}$$

und kann die A_i^* aus $\mathfrak{F}^{*\Pi}$ zu $(M^*)^{-1}$ formieren.
Weiterhin läßt sich transformieren nach $r = T_r q$ durch

$$T_r = V_r V^{-1} = M^* V^{-1} = M^* R^{-1} W , \tag{45}$$

und man kann Γ^* ablesen.
Definiert man nun geeignet (ähnlich wie in (16))

$$\Gamma^* = \begin{bmatrix} B_{n'}^* - B_0^* A_{n'}^* \\ \vdots \\ B_1^* - B_0^* A_1^* \end{bmatrix}, \qquad D = B_0^* = B_0 , \tag{46}$$

dann erhält man aus (38) (oder (39))

$$\bar{G} = \Gamma^{*\Pi}(zI - \mathfrak{F}^*)^{-1} E_{n'} + D = \mathfrak{B}^*(z^{-1}) [\mathfrak{A}^*(z^{-1})]^{-1} , \tag{47}$$

$$\mathfrak{B}^*(z^{-1}) = \sum_{i=0}^{n'} z^{-i} B_i^* , \qquad \mathfrak{A}^*(z^{-1}) = I + \sum_{i=1}^{n'} z^{-i} A_i . \tag{48}$$

eine alternative Darstellung von $\bar{G}$, die wiederum zum Entwurf von Regelungen sehr geeignet ist.
Durch diese Form wird auch der direkte Zugang (über Ansätze) zu den Normalformen p und r eröffnet. Ebenso sind alle Regelungskonzepte, die bei 1,1-Systemen mit der Steuerungsnormalform begründet werden, auf r,r-Systeme übertragbar. Für $r = 1$ sind die Formen (43) und (47) gleich, denn skalare Polynome sind vertauschbar.

5. Einige Folgerungen

5.1. Ausgangsregelungen

Wenn das System nicht in analytischer Form (1) oder (5) vorliegt, dann ist über einen Ansatz auf der Basis von (5) zu identifizieren. Geeignete Identifikationsalgorithmen sind bekannt (z. B. [5]).
Als einfachster Fall einer Übertragbarkeit des 1,1-Konzeptes kann die Dead-beat-Regelung angeführt werden:
Man erhält mit einer Entwurfs-Polynommatrix $L(z^{-1})$ mit $L(1) = [\mathfrak{B}^*(1)]^{-1}$ und dem Sollwertvektor $W(z)$

$$X(z) = \mathfrak{B}^* \cdot L \cdot W(z) , \qquad U(z) = \mathfrak{A}^* \cdot L \cdot W(z) \tag{49}$$

und für den Regler

$$G_R = \mathfrak{A}^* L (I - \mathfrak{B}^* L)^{-1} . \tag{50}$$

Bei der Minimum-Varianz-Regelung ist zweckmäßigerweise die Form (43) einzusetzen.

5.2. Zustandsregelungen

Das Identifikationsproblem ist gegebenenfalls wie im Abschnitt 5.1. zu lösen. Der Zustand s ist nach den Definitionsgleichungen (14) nach n' Schritten (auch im Falle von Störungen) exakt berechenbar. Da von s aus in jede andere Zustandsbeschreibung transformiert werden kann, ist für T-Systeme keine übliche Zustandsfilterung oder -beobachtung erforderlich.
Auch auf Zustandsregelung sind die Dead-beat- und Minimum-Varianz-Konzepte ohne Probleme zu erweitern.

5.3. m,r-T-Systeme

Das sind Systeme, bei denen (2) nicht erfüllt ist, (3) und (4) aber nach wie vor gelten.
Unter dem Regelungsaspekt lassen sich diese Systeme auf T-Systeme zurückführen:
Bei $m > r$ erfolgt eine Auswahl oder Linearkombination aus r Eingangsgrößen durch

$$u = F_1 \bar{\bar{u}} , \qquad \text{Rang}\,(F_1) = r . \tag{51}$$

Damit entsteht ein r,r-System mit der Ersatzsteuerung $\bar{\bar{u}}$.
Bei $m < r$ werden m Ausgangsgrößen $\bar{x}$ ausgewählt oder kombiniert

$$\bar{\bar{x}} = F_2 x , \qquad \text{Rang}\,(F_2) = m , \tag{52}$$

so daß ein m,m-System mit dem Ausgang $\bar{\bar{x}}$ resultiert.

5.4. Kontinuierliche T-Systeme

Da im kontinuierlichen Fall nicht unterschieden wird zwischen Steuerbarkeit und Erreichbarkeit einerseits und zwischen Beobachtbarkeit und Rekonstruierbarkeit andererseits, sind die vorn gewählten Namen für die Normalformen nicht zu übertragen. In Anlehnung an [4] sind: r, p Steuerungsnormalform 1. bzw. 2. Art und z, s Beobachtungsnormalform 1. bzw. 2. Art.
Im Gegensatz zum diskontinuierlichen Fall sind hier vorwiegend nichtsprungfähige Systeme zu beschreiben ($D = 0$), so daß die Zählerpolynome einen Grad $0 \leqq m' < n'$ haben können. Die Normalformen, Transformationen und Übertragungsmatrizen sind analog zu finden. Da Identifikation und Zustandsermittlung im Kontinuierlichen jedoch problematisch sind, werden diese Systeme vermutlich nur theoretische Bedeutung haben.

Zusammenfassung

Nach Definition der Klasse der diskontinuierlichen Mehrgrößen-T-Systeme werden einige ihrer Eigenschaften diskutiert. Über die Einführung einer „Blocktransposition" gelingt die Angabe von Frobenius-Normalformen und von Transformationsbeziehungen. Weiterhin wird eine alternative identische Form der Übertragungsmatrix berechnet, die insbesondere für den Entwurf von Regelungen von Bedeutung ist. Die bekannten Zusammenhänge für Eingrößensysteme ergeben sich jeweils als Sonderfälle.

Literatur

[1] Luenberger, D. G.: Canonical Forms for Multivariable Systems. IEEE Trans. Automatic Control AC 12 (1967) pp. 290—293.
[2] Schwarz, H.: Mehrfachregelungen. Band 2. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1971.
[3] Strejc, V.: State Space Theory of Discrete Linear Control. Prague: Academia 1981.
[4] Freund, E.: Regelungssysteme im Zustandsraum I. Struktur und Analyse. München/Wien: R. Oldenbourg Verlag 1987.
[5] Peterka, V.: Číslicové řízení procesů s náhodnými poruchami a neurčitými charakteristikami (Digitale Prozeßsteuerung mit zufälligen Störungen und unbekannten Parametern). Doktorská disertační práce. Československá akademie věd, 1975.

msr 8824

DIS '88

Das IFAC/IMACS-Symposium „Distributed Intelligence Systems — Methods and Applications (DIS '88)" fand vom 27. Juni bis 1. Juli 1988 in Varna/VR Bulgarien statt. Es wurde vom Bulgarischen Nationalrat für Automatisierung und dem Bulgarischen Komitee für Forschung und Technik organisiert und stand unter der Schirmherrschaft des Präsidenten des Nationalen Organisationskomitees, Prof. S. MARKOV. Fördernd beteiligt waren die International Federation of Automatic Control (IFAC), insbesondere mit ihren Technischen Komitees SECOM (TC on Systems Engineering), DECOM (TC on Developing Countries), APCOM (TC on Applications) und EMSCOM (TC on Economic and Management Systems), sowie die International Association for Mathematics and Computers in Simulation (IMACS). Etwa 260 Teilnehmer aus knapp 20 Ländern nutzten intensiv die Gelegenheit, sich untereinander über die zukunftsorientierten Fragen moderner flexibler Produktionskomplexe und anderer großer Systeme und die damit verbundenen Probleme der Datenkommunikation in derartigen Systemen mit verteilter Intelligenz (Netzwerkarchitekturen, Standards für die Bürokommunikation usw.), der Mensch-Maschine-Beziehungen, der Automatisierung solcher Systeme, des Echtzeitverhaltens, der Einbindung von Methoden der künstlichen Intelligenz (z. B. Expertensysteme) sowie grundsätzlichen Problemen der durchgängigen Beschreibung von Systemen mit verteilter Intelligenz auszutauschen und dabei auch grundlegende begriffliche Klärungen vorzunehmen. Möglichkeiten dafür boten in erster Linie die 60 Vorträge, die auf einer Plenarsitzung, einer Abschlußsitzung, fünf Sitzungen mit 15 eingeladenen Vorträgen und fünf Parallelsitzungen in den Reihen A (Methoden der Synthese von Steuerungssystemen mit verteilter Intelligenz), B (Rechnerstrukturen und -netzwerke zur Realisierung von Systemen mit verteilter Intelligenz) und C (Anwendungen von Systemen mit verteilter Intelligenz) gehalten wurden. Aber auch ein Rundtischgespräch unter Leitung des früheren IFAC-Präsidenten, Prof. M. THOMA/BRD, und natürlich die persönlichen Gespräche in den Tagungspausen dienten dem Wissensaustausch und der gegenseitigen Verständigung. Nachfolgend soll ein kurzer Überblick über ausgewählte Tagungsbeiträge mit der Ableitung einiger wichtiger Aussagen und Trends verknüpft werden.

Plenar- und eingeladene Vorträge

Zur Thematik Einsatz von wissensbasierten Systemen in hierarchischen Strukturen äuserten sich mehrere Vortragende (A. LEVIS/USA „Human Organizations as Distributed Intelligence Systems"; V. HEUKEROTH, H. A. NOUR ELDIN/BRD „Interactive Systems: Knowledge Representation, Organization and Automation"; G. SARIDIS/USA „Intelligent Machines: Distributed vs. Hierarchical Intelligence"; H. STEUSLOFF/BRD „Computer Communication for the Integration of Information in Industrial Production"). Sie vertraten den Standpunkt, daß wissensverarbeitende Systeme grundsätzlich Bestandteil der oberen Hierarchieebenen eines Steuerungssystems sein sollten, um unscharfe oder nur qualitativ vorliegende Informationen sowie Operatorentscheidungen in die optimale Prozeßführung einbeziehen zu können. Wegen ihrer großen Anschaulichkeit und guten Handhabbarkeit (Komposition/Dekomposition) werden für die Modellierung komplexer wissensbasierter Systeme, speziell der Inferenzprozesse, verbreitet Petri-Netze eingesetzt (A. LEVIS; V. HEUKEROTH, H. A. NOUR ELDIN). Im Vortrag von V. HEUKEROTH und H. A. NOUR ELDIN wurde aber auch deutlich, daß als alternative Beschreibungsform für Petri-Netze z. B. eine Repräsentationsform geeignet ist, die als Grundbausteine „Aktivitätszellen" enthält. Die Darstellung der Operationen kann in diesen Zellen durch Differentialgleichungen oder Regeln erfolgen, so daß damit sowohl numerisch als auch symbolisch arbeitende Komponenten erfaßbar sind. Der Vorteil dieser Beschreibungsform ist darin zu sehen, daß das Zeitverhalten des Systems und die zeitliche Aufeinanderfolge der Signale berücksichtigt werden. G. SARIDIS führte aus, daß „intelligente" Steuerungen als eine Fusion von mathematischen und linguistischen Methoden und Algorithmen aufzufassen sind, wobei die „Steuerungsintelligenz" im Gesamtsystem nach dem von ihm formulierten „Prinzip von der steigenden Präzision bei fallender Intelligenz" hierarchisch verteilt ist. Für komplexe Anwendungsfälle schlägt er wissensbasierte Steuerungssysteme mit verteilten Wissensbasen vor. H. STEUSLOFF berichtete unter spezieller Berücksichtigung der Protokolle MAP/TOP über den internationalen Stand der Standardisierungsbestrebungen für die Informationsintegration bei der Produktionsautomatisierung, die sich nach Abschluß der Arbeiten auf den unteren Ebenen gegenwärtig auf die Standardisierung der Schnittstellen für die Anwendung konzentrieren (Manufactoring Message Service, Processing Message Service u. a.). Er machte auch Ausführungen zu den am Fraunhofer-Institut Karlsruhe/BRD IITB bearbeiteten Konformitätsteste für MAP/TOP-kompatible Produkte. In der Diskussion vertrat er die Ansicht, daß PROWAY C der lebensfähige Standard für die Datenkommunikation in Automatisierungsanlagen sei und daß der zunächst gar nicht für die Automatisierungstechnik vorgesehene Bitbus großen Einfluß auf die derzeit diskutierten Feldbusstandardisierungsvorschläge habe.

Der Vortrag von D. PETKOVSKI/SFR Jugoslawien „A Knowledge Based System for Stability Robustness Analysis and Robust Control Design: A Case Study of Nuclear Power Plant Control" war als Ansatz zu verstehen, auch für die prozeßnahe Automatisierungsebene Methoden der künstlichen Intelligenz einzusetzen, wobei aufgrund der Echtzeitanforderungen an die Steuerung vor allem die Off-line-Probleme der Analyse und des Entwurfs in Frage kommen.

International wird intensiv an der Erarbeitung echtzeitfähiger Expertensysteme, der Steuerung von Rechnernetzen und dem Aufbau von Parallelverarbeitungsstrukturen gearbeitet. Ausdruck hierfür waren u. a. die Vorträge von J. TSITSIKLIS/USA „Distributed Iterative Algorithms", der konkurrierende Systeme untersuchte, und von L. PUN/Frankreich „Methodology for Structuring Distributed Intelligence in Computer-aid Production Management". Es wurde deutlich, daß komplexe wissensbasierte Steuerungssysteme, also Systeme mit verteilter Intelligenz, für die Steuerung sehr komplexer hierarchisch strukturierter verfahrens- oder fertigungstechnischer Prozesse eingesetzt werden müssen, besonders dann, wenn nur wenig bzw. unscharfe Prozeßinformation vorliegt.

Der Vortrag von M. F. KARAVAY/UdSSR „Methodology of Designing the Foult-Tolerant Distributed Multiprocessor Systems" diente der Formulierung allgemeiner Prinzipien zur Gestaltung fehlertoleranter Rechnersysteme. Er ging von einer Analyse und Klassifizierung bekannter fehlerorientierter Systeme aus, um dann eine verallgemeinerte Struktur vorzuschlagen. Interessant in diesem Zusammenhang war auch der Vortrag von H. PRANEVITCHIUS, A. PANAVEŽYS/UdSSR „Proof-of-Correctness Technique for Aggregative Models of Protocols", der ein Korrektheitsprüfverfahren vorschlug, das die Suche von logischen Invarianten der Variablenzustände in Datenübertragungsprotokollen ermöglicht. Dazu wird eine Reduktion auf eine handhabbare Variantenanzahl durch die Einführung symbolischer Zustände als Repräsentanten für jeweils eine ganze Ereignisklasse vorgenommen.

Reihe A: Methoden der Synthese von Steuerungssystemen mit verteilter Intelligenz

In dieser Reihe standen die prozeßnahe Steuerung komplexer Systeme und die strukturelle Analyse gekoppelter Systeme, der

Entwurf dezentraler Regelungen, Mehrebenenverfahren zur statischen Optimierung sowie auf der Fuzzy-Theorie basierende Analyse- und Entwurfsverfahren im Vordergrund.
Die Analyseprobleme werden wesentlich durch die Modellunsicherheit geprägt. Das macht die Erarbeitung neuer Verfahren notwendig. Der Vortrag von K. ÜNYELIOĞLU, M. SEZER/Türkei „On Optimum Selection of Stabilizing Feedback Structures for Multivariable Control Systems" nutzte einen graphentheoretischen Zugang zur strukturellen Analyse gekoppelter Systeme. Dagegen ging L. TRAVE/Frankreich „Qualitative Pole Assignability in Decentralized Control" von einem auf der „qualitativen Physik" beruhenden Ansatz aus, der die Kenntnis der Vorzeichen von Parametern und Kopplungsbeziehungen voraussetzt. J. LUNZE/DDR stellte in seinem Vortrag „Decentralized Control of Symmetric Composite Systems" Ergebnisse zur Analyse symmetrischer Systeme vor, die auf einem alternativen Zugang zur Ausnutzung von Struktureigenschaften des Prozesses bei der Analyse und beim Entwurf basieren. Die Beiträge „Decentralized Robust Control Synthesis for Large-Scale Nonlinear Dynamical Systems" von J. ZAPRIANOV, M. TONEV/VR Bulgarien und „Decentralized Robust Control for Large Scale Systems" von I. POPCHEV, S. SAVOY/VR Bulgarien befaßten sich mit dem Verhalten gekoppelter Systeme bei der dezentralen Regelung und gingen dabei von bewährten Abschätzungen der Modellunsicherheit aus.

Reihe B: Rechnerstrukturen und -netzwerke zur Realisierung von Systemen mit verteilter Intelligenz

Hier wurden rechentechnische Aspekte verteilter wissensbasierter Systeme (Softwareentwurf für verteilte Rechnersysteme, Steuerung von Netzwerken, Prüfung und Fehlertoleranz in verteilten intelligenten Systemen, Mensch-Maschine-Beziehungen, Erstellung von Datenbasen) behandelt. Beispielsweise befaßten sich Z. SOPRONFALVI, L. TAPOLCAI/Ungarische VR in „Data Base Management for Systems with Distributed Intelligence" mit dem Aufbau und der effektiven Verwaltung von Datenbanksystemen und der Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation in Systemen mit verteilten Parametern. Expertensysteme sollten über eine direkte Zugriffsmöglichkeit zu Datenbanksystemen verfügen. Der Vortrag von B. SLAVOV, A. TERZIEV/VR Bulgarien „An Approach to Couple Logic Programming Systems with Relational Distributed Database Systems" verdeutlichte, daß international an geeigneten Software-Werkzeugen gearbeitet wird, z. B. bei der Erweiterung der KI-Programmiersprache PROLOG um Datenzugriffsprädikate.
Ein sehr relevantes Problem ist auch die Gestaltung der interaktiven Arbeit in komplexen Systemen. Der Vortrag von G. BOY/Frankreich „Man-Machine Distributed Intelligence" zeigte, daß sich eine hierarchisch strukturierte Informationsaufbereitung mit Grafikkomponenten durchsetzt. Dieser Trend schließt auch die Dialog- bzw. Erklärungskomponente von Expertensystemen ein. In ähnlicher Weise äußerten sich Y. A. ZYPKIN, A. KRASNENKER/UdSSR „Man-Machine Methods for Multicriterial Optimization" und D. DIMOV, CHR. RADEV/VR Bulgarien „A Distributed Graphics Visualisation System in a Computer Network".
Der Vortrag von Z. PAPP, T. DOBROWICKI, B. BAGÓ, B. VADÁSZ, K. TILLY/Ungarische VR verwies darauf, daß zur Realisierung von Steuerungssystemen mit verteilter Intelligenz mehrheitlich Multitasking- bzw. Echtzeitsteuerungssysteme eingesetzt werden. Dieser Aspekt wurde auch in anderen Vorträgen deutlich.

Reihe C: Anwendungen von Systemen mit verteilter Intelligenz

In dieser Reihe wurden interessante Anwendungen vorgestellt. Leider war es nicht immer möglich, auf den Stand der Projektentwicklung bzw. -realisierung zu schließen.
Der Vortrag von G. REINIG, H. TÖPFER/DDR „Conceptualizing of Integrated Process Control Systems" analysierte die Probleme bei der Konzipierung komplexer Automatisierungsanlagen. Zur Unterstützung der systematischen Erarbeitung von Automatisierungskonzepten wird eine Dekomposition des Problems in separat erstellbare Teilstrukturen vorgeschlagen. Daraus lassen sich Grobaufgabenstellungen für Automatisierungsanlagen ableiten.
Im Vortrag von A. REMES, M. PULKKINEN/Finnland „Millwide-Development and Implementation" wurde eine Lösung des Software-Hauses *Altim Control Corporation* für eine Zellulose- und Papierfabrik vorgestellt. Dabei wurden das System TDC 2000 sowie mehrere Minirechner, Personalcomputer und ein IBM-Großrechner genutzt. Die gesamte Lösung unterstützt die Aufgaben von der Marktbearbeitung bis zu elementaren Regelungs- und Überwachungsfunktionen. Besondere Aufmerksamkeit erweckte der Vortrag von R. E. KING/Griechenland „Intelligent Control in the Cement Industry". Erstmalig wurde über den erfolgreichen Einsatz mehrerer Expertensysteme in einem integrierten System berichtet. Dabei wurde u. a. auf die Notwendigkeit verwiesen, die derzeit auf einem PDP 11/44 implementierten Systeme künftig dezentral zu realisieren und die entsprechenden Datenkommunikationsprobleme zu lösen.
Der Vortrag „Microprocessor-Based Control System of Ball-Mill Grinding" der Autoren I. BARUCH, D. DOCHEV und K. LJUBENOV/VR Bulgarien beschrieb eine Anlage, die eine Zweiebenensteuerung für den Mahlvorgang einer Kugelmühle enthält. Die untere Ebene umfaßt einen programmierbaren Mikroprozessorregler im Verein mit dem zu steuernden Prozeß. Die obere Ebene ist als Personalcomputerarbeitsplatz für die Kontroll- und Überwachungsfunktionen angelegt. Die Verbindung beider Ebenen wird durch ein RS-232-C-Interface hergestellt.
Der Vortrag „Superheater Decentralized Adaptive Control for a Once-Through Steam Boiler" der Autoren I. B. YADYKIN, V. A. PUTINTSEV, S. S. ZAGORUJVO, A. J. ZALYEV/UdSSR sowie J. JARKOVSKY/ČSSR beschäftigte sich mit einem dezentralisierten 3-Ebenen-System für die Steuerung einer Dampferzeugungsanlage mit 6 Dampferhitzern. Aufbauend auf einem Näherungsmodell für den Dampferhitzer wird eine adaptive Kaskadenregelung mit einem impliziten Referenzmodell entwickelt. Das Verfahren basiert auf der Verbindung von Referenzmodellen und Parameterschätzverfahren nach der Methode der kleinsten Quadrate sowie der Reglereinstellung nach dem Tuning-Prinzip.
Im Vortrag „Two Level Multilayer Hierarchical Chemical Reactor Control System" erläuterten M. B. HADJIISKI, K. P. BOSHNAKOV/VR Bulgarien die strukturellen Besonderheiten und funktionellen Charakteristika bei der hierarchischen Regelung in einer Synthesefaseranlage. Dabei wurden Regelung, Adaption und Optimierung auf die verschiedenen Hierarchieebenen verteilt, es wurde die speziell erarbeitete Software vorgestellt und schließlich wurden die aus den Meßergebnissen abgeleiteten Resultate diskutiert.
A. SCHIAVI, G. MOLINARI/Italien beschäftigten sich mit „Distributed Intelligence Systems for Remote Control Centers". Solche Fernsteuerzentren sind in der Lage, die Schaltoperationen und Überwachungsfunktionen unbemannter Energieerzeugungs- und -übertragungsstationen zu übernehmen. Vor allem die wesentlichen Funktions- und Architekturaspekte dieser verteilten intelligenten Konfiguration wurden besprochen.
Eine interessante Lösung bot der Vortrag von R. STELTER/BRD zum Thema „Control of Gas Transport Systems — A Multilevel Approach", in dem ein 4-Ebenen-Regelungskonzept für Gasnetze vorgestellt wurde. In der ersten Ebene wird eine arbeitspunktbezogene örtliche Druckregelung verwendet. In der zweiten Ebene erfolgen die Optimierung und eine globale Netzbeobachtung, während in den darüber liegenden Ebenen die Druck- und Durchflußoptimierung für kurze und weite Bereiche des Netzes realisiert wird. Als Grundlage dafür dient ein Zustandsmodell. Entwickelt wurde die Lösung für das verzweigte Gassystem der *Ruhr-Gas-AG* (Gesamtstreckenlänge etwa 7000 km) mit 10 bis 12 Druckstationen.
Im Vortrag „Data Processors for Power System Control" verwiesen M. M. SALEM, F. F. G. AREED, K. M. SOLIMAN/Ägypten darauf, daß in elektrischen Energiesystemen Datenprozessoren eingesetzt werden, um unzuverlässige und fehlerhaft übertragene Daten zu verarbeiten. Es wurden effiziente Algorithmen entwickelt und ein Konzept für zwei Parallel-Datenprozessoren vorgeschlagen.

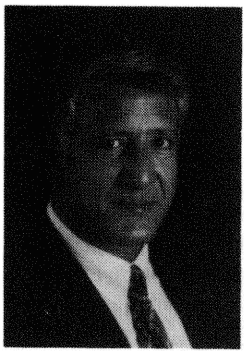
Die Vorträge „An Automatic Vehicle Location System — Problems and Applications" von D. MLADENOV, T. A. STOILOV, V. PETKOV, K. STOILOVA, G. SHEITANOV, G. TODOROV/VR Bulgarien sowie „Optimal Processing of Automatic Location Vehicle System — an Hierarchical Approach" von T. A. STOILOV, K. P. STOILOVA sind im Zusammenhang zu sehen. Der erste Vortrag vermittelte einen Überblick über die Probleme der Planung und Realisierung von Echtzeitsystemen im städtischen Verkehrswesen, der zweite lieferte eine On-line-Regelungsstrategie, aufbauend auf einer umfassenden mathematischen Beschreibung der Systemstruktur, als Lösung solcher Verkehrsprobleme.
Insgesamt wies diese Reihe durch die Darstellung unterschiedlicher Anwendungsgebiete auf die Vielschichtigkeit der Probleme bei verteilten intelligenten Systemen hin.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß DIS '88 eine gelungene Einführung in eine hochaktuelle Thematik darstellte. Die rührigen Organisatoren boten beste äußere Bedingungen sowie interessante Exkursionen und ein ansprechendes kulturelles Umfeld. Von besonderem Wert sind die ausgezeichneten Preprints, die bei den DDR-Symposiumsteilnehmern vorliegen.

Der Autor dankt Dr.-Ing. R. HESSE/ZKI Berlin, Prof. Dr. sc. techn. J. LUNZE/ZKI Dresden, Doz. Dr.-Ing. G. REINIG/TU Dresden und Dipl.-Ing. B. MÖCKEL/Institut für Biotechnologie Berlin für hilfreiche Zuarbeiten.

msr 8968 D. WERNER

Interview



Am Rande des IFAC/IMACS-Symposiums „Distributed Intelligence Systems. Methods and Applications — DIS '88" ergab sich die Möglichkeit, mit dem Vorsitzenden des Internationalen Programmkomitees, Herrn Prof. Dr. sc. techn. H. A. NOUR ELDIN/BRD, ein Interview zum Anliegen und zu den Ergebnissen des Symposiums zu führen.
Prof. NOUR ELDIN (Bild) war viele Jahre an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich/Schweiz tätig, wo er mit Arbeiten zu computergesteuerten Anlagen 1963 promovierte und sich 1970 habilitierte. Im Jahre 1978 wurde er zum o. Professor für Automatisierungstechnik und Technische Kybernetik an die Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal berufen. Darüber hinaus zeichnet Prof. NOUR ELDIN für die Rubrik „Programme" in der Redaktion der BRD-Fachzeitschrift „Automatisierungstechnik — at" verantwortlich.

msr:

Herr Professor, viele unserer Leser werden mit dem das Symposium prägenden Begriff „Systeme mit verteilter Intelligenz" noch nicht vollständig vertraut sein. Wie würden Sie ihn charakterisieren?

Prof. NOUR ELDIN:

Die Automatisierung von Prozessen jeder Art erfordert den Einsatz von Computern. Dieser Trend hat sich im letzten Jahrzehnt ganz beträchtlich verstärkt. Es zeichnen sich vor allem zwei Richtungen ab, die diese Entwicklung beeinflußt haben. Zum einen hat sich die Komplexität der zu steuernden Prozesse enorm erhöht. Infolgedessen ist oft gar nicht möglich oder zumindest nicht sinnvoll, die Prozeßsteuerung mit nur einem Rechner auszuführen. Zum anderen hat sich aber auch die Methodik des Rechnereinsatzes verändert. Während früher selbst in hierarchischen Systemen algorithmische Abläufe dominierten, zielt die heutige Orientierung auf eine flexible Leittechnik, innerhalb derer besonders auf den oberen Hierarchieebenen auch expertenwissengestützt gearbeitet wird. Es müssen Erkenntnisse und Erfahrungen, die nicht algorithmisch darstellbar sind, in die Steuerung und Entscheidungsfindung eingebracht werden. Hier setzen die Methoden der künstlichen Intelligenz an. Auch hinsichtlich der rechnergestützten Synthese von Automatisierungssystemen (CAD) ist die genannte Entwicklung — Verbindung von algorithmisch aufbereiteten Abläufen mit solchen, die auf der Wissensspeicherung beruhen — erkennbar.
Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Automatisierung von Prozessen gegenwärtig zunehmend durch die Verknüpfung von prozeduralen und wissensbasierten Arbeitstechniken gekennzeichnet ist. Dies erfordert den Einsatz von Computernetzen (lokale und Fernübertragungsnetzwerke). Prozesse, die mit Hilfe von Computernetzen gesteuert werden, sind „Systeme mit verteilter Intelligenz". Ihre Beschreibung und die Charakterisierung der damit verbundenen Probleme sowie die Suche nach geeigneten Lösungen im Verein mit bereits geschaffenen Anwendungen in unterschiedlichsten Bereichen machten den Inhalt des Symposiums aus.

msr:

Wie würden Sie das Verhältnis zwischen Automatisierungstechnik und Informatik einschätzen?

Prof. NOUR ELDIN:

Obwohl die Informatik natürlich auch Themen behandelt, die nicht ausschließlich technisch motiviert sind, und eigene Darstellungsformen entwickelt hat, muß man doch feststellen, daß die Informatikerprobleme sehr oft automatisierungstechnischer Natur sind und umgekehrt. Schließlich haben die Automatisierungstechniker ja auch schon sehr frühzeitig die Notwendigkeit des Computers als Automatisierungsmittel erkannt und für ihn Einsatzfelder geschaffen. Man kann getrost von einem engen Verhältnis zwischen Automatisierungstechnik und Informatik sprechen, und noch herrschende unterschiedliche Auffassungen über gemeinsam zu bearbeitende Gebiete sollten möglichst rasch ausgeräumt werden. Unter den heutigen Bedingungen ist es nahezu unumgänglich, ein gegenseitiges Verständnis zu erzeugen, um gemeinsam und rasch die komplexen hierarchischen Steuerungsprobleme zu lösen. Früher war die Notwendigkeit dafür nicht so zwingend, da die Aufgabentrennung klarer war. Für die überwiegend modellgestützte Arbeit lieferten die Automatisierungstechniker die Algorithmen und die Rechentechniker die Software-Werkzeuge. Jetzt ist die Verflechtung viel enger, denn z. B. die Wissensbasen von Expertensystemen werden durch das Wissen des Automatisierungstechnikers gefüllt, der Informatiker steuert die Methoden zur rechentechnischen Behandlung bei. Die Qualität des Produktes schließlich hängt in entscheidendem Maße von der Harmonie dieser Zusammenarbeit ab. Und nur das zählt letztlich!

msr:

Gerade fiel das Stichwort Expertensysteme. Wo sehen Sie dafür in erster Linie Einsatzgebiete in der Automatisierungstechnik?

Prof. NOUR ELDIN:

Waren die ersten Expertensystemrealisierungen z. B. in der Medizin angesiedelt (man denke nur an MYCIN), so gelang über den Bereich des Schaltungsentwurfs und der Computertechnik bald der Einstieg in technische Anwendungen. Inzwischen sind wissensbasierte Systeme feste Bestandteile der

Qualitätskontrolle, der Prozeßüberwachung oder der Leittechnik für Industrieroboter geworden. Und, ich erwähnte es bereits, einen ganz wichtigen Einsatzfall eröffnet die Leittechnik in den höheren Prozeßstufen. Das betrifft die Verfahrenstechnik genauso wie diskrete Produktionslinien. Es ist doch folgerichtig, daß der Ingenieur über Rückgriffe auf gespeichertes Wissen, das auf früheren Erfahrungen basiert, Entscheidungshilfen bekommen möchte — sowohl in der Produktion als auch im Entwurf von Produktionssystemen (CAD) oder im Technischen Management.

msr:

Sind die Expertensysteme **das** Automatisierungsmittel der Zukunft?

Prof. NOUR ELDIN:

Sie sind sicher eines der ganz wesentlichen. Aber ich meine, daß algorithmen- und wissensbasierte Techniken durchaus nebeneinander Bestand haben werden. Beispielsweise in den prozeßnahen Ebenen werden algorithmische Verfahren nach wie vor dominieren. Letztlich geht es doch darum, problemadäquate Lösungen zu finden.

msr:

Abschließend sei die Frage nach dem Erfolg des Symposiums gestellt. Wie würden Sie DIS '88 bewerten?

Prof. NOUR ELDIN:

Es ist das erste Symposium, daß die IFAC dieser Thematik, den komplexen wissensbasierten Steuerungssystemen, gewidmet hat. Somit ist der längerfristige Erfolg nur schwer prognostizierbar. Aber zunächst einmal war und ist es unbedingt ein richtiger Weg, viele Experten aus unterschiedlichen Gebieten (Automatisierungstechnik, Informatik, Computertechnik) zusammenzuführen, weil es die Tagungsproblematik erfordert. Die Teilnahme an den Sitzungen war überdurchschnittlich gut. Ich habe mit vielen Tagungsteilnehmern gesprochen. Der allgemeine Tenor ist, daß es sich um ein gelungenes Symposium handelt, das allen Beteiligten weitreichende neue fachliche Erkenntnisse und Informationen gebracht hat. Wegen der Relevanz der Thematik sind wichtige Entscheidungen für die Zukunft gefallen. So soll das Symposium in einem 3-Jahres-Rhythmus fortgesetzt werden, und die nächsten beiden Tagungsorte wurde bereits festgelegt (1991 Boston/USA mit Unterstützung des Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1994 Wuppertal/BRD).
Ich meine, mit dem Symposium DIS '88 hat die IFAC ihre gute Tradition fortgesetzt, neue aktuelle Themen aufzugreifen und in die Fachwelt einzuführen.

msr:

Herr Professor NOUR ELDIN, auch im Namen der Leser der msr danke ich Ihnen herzlich für Ihre interessanten Auskünfte.

(Das Interview führte Dr.-Ing. D. WERNER.)

msr 8967

Dissertationen

Eine fehlertheoretische Betrachtung, ausgehend von Problemstellungen der Kraftmeßtechnik

Dr.-Ing. KLAUS HASCHE (47) studierte von 1960 bis 1966 am Institut für Grundlagen des Maschinenwesens der TU Dresden die Fachrichtung Angewandte Mechanik. Anschließend bis 1969 wissenschaftlicher Assistent am WB Statik und Festigkeit des gleichen Instituts. Seit 1969 im ASMW, Bereich Meßwesen, Berlin — bis 1975 als Leiter des Fachgebietes Kraft und Masse, seitdem als Leiter der Fachabteilung Mechanik tätig. 1971 Promotion A auf dem Gebiet Elastizitätstheorie. 1986 Berufung zum Honorardozenten für Prozeßmeßtechnik an der TH Ilmenau.
Dissertation B an der Fakultät für Elektrotechnik und Elektronik des Wissenschaftlichen Rates der TU Dresden, Dresden, 29. Dezember 1987.

Doktorand: Dr.-Ing. K. HASCHE

Vorsitzender der Prüfungskommission:
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. W. MOSCH
Gutachter:
Prof. Dr.-Ing. habil. A. LENK
Prof. Dr. rer. nat. habil. H. HART
Prof. Dr. rer. nat. habil. M. PESCHEL
Prof. Dr. sc. techn. W. RICHTER
Die Dissertation kann nur über die Bibliothek der TU Dresden ausgeliehen werden.

msr 8864 Doz. Dr. sc. techn. K. HASCHE, ASMW, Fürstenwalder Damm 388, Berlin, 1162.

Erörtert wird die quantitative Beschreibung der Unsicherheit von korrigierten Meßergebnissen durch ein Unsicherheitsintervall bei skalarer Ergebnisgröße für den Fall, daß in das Meßergebnis ein dominierender zufallsbestimmter Konstant- oder tieffrequenter Driftanteil eingeht. Diese Problemstellung ist insbesondere charakteristisch für die Darstellung und Weitergabe von Maßeinheiten, aber auch weitere Bereiche der Meßtechnik.
Das um den erfaßten systematischen Fehleranteil korrigierte Meßergebnis wird als Realisierung einer Zufallsgröße gedeutet, die aus mehreren zufallsbestimmten Teilgrößen hervorgeht. Der Begriff Zufallsgröße ist hierbei als ein übergeordneter Begriff zu verstehen. Bei Interpretation der Zufallsgrößen als zufällige Veränderliche kann die Unsicherheit des korrigierten Meßergebnisses in bekannter Weise statistisch beschrieben werden. Zu diesem statistischen Konzept sind alternativ nichtstatistische Konzepte möglich, indem man die Zufallsgrößen als Fuzzy-Mengen auffaßt. Abhängig von der „Vorsicht", mit der eine aus mehreren Teilgrößen resultierende Zufallsgröße beschrieben werden soll, kommen somit mehrere Beschreibungsverfahren in Frage, die sich prinzipiell voneinander unterscheiden. Das statistische Konzept hat demnach zunächst keine Vorrangstellung. Nationale oder internationale Vereinheitlichungsbemühungen können deshalb nur darauf abzielen, sich auf dem Wege einer Konvention für ein einheitliches oder aber für mehrere Verfahren zu entscheiden. Maßgeblich für die Auswahl eines bestimmten Beschreibungsverfahrens sollte die zugrunde zu legende Vorsicht, d. h. die mögliche Konsequenz sein, die vom betrachteten Problem abhängt. Die Arbeit mündet in den praktischen Vorschlag, für nationale oder internationale Empfehlungen oder Festlegungen künftig zwei Näherungsverfahren mit unterschiedlicher „Vorsicht" vorzusehen (analog BIPM INC-1 bzw. TGL 31550/08). Das Verfahren nach BIPM INC-1 wird als vergleichsweise optimistisch, jedoch im allgemeinen vorsichtiger als die streng statistische Beschreibung eingeschätzt. Das in TGL 31550/08 enthaltene Näherungsverfahren kommt bei geeigneter Wahl der zugrunde gelegten statistischen Sicherheit einer objektiven Wahrscheinlichkeitsinterpretation nahe.

ASMW — Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung — Bereich Meßwesen[1)]

Verehrte Leser, in den bisherigen Folgen von „msr stellt vor" standen Bildungs-, Erziehungs- und Forschungseinrichtungen unseres Fachgebiets im Mittelpunkt. Diesen Rahmen wollen wir auf Institutionen und Betriebe erweitern, die ebenfalls eine zentrale Bedeutung für die Automatisierungstechnik haben.

Einer der Grundbegriffe im Titel unserer Zeitschrift ist das Messen. Das „richtige" Messen ist eine der Grundvoraussetzungen für die „Schlüsseltechnologie Automatisierungstechnik" und das nicht nur für die herkömmlichen Anwendungsgebiete, sondern vor allem auch für die flexible Fertigung. Qualitätssicherung der Produktion ist ohne „Messen" nicht denkbar. Richtiges Messen hat aber auch im täglichen Leben eine wesentliche Bedeutung, man denke nur an das geeichte Fieberthermometer, die ganggenaue Uhr oder ähnliches. Die Gewährleistung der Einheitlichkeit der Maße und der Richtigkeit der Messungen sind neben der Standardisierung und der Warenprüfung eine wesentliche Teilaufgabe des ASMW, dessen Bereich „Meßwesen" wir Ihnen in dieser Folge vorstellen möchten.

Das ASMW nimmt mit seiner Tätigkeit entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung des Meßwesens in der DDR. Unsere Gesprächspartner im ASMW waren Herr Dr. rer. nat. KLAUS MÖBIUS, Vizepräsident des ASMW, Frau Dr.-Ing. MONIKA WLOKA, Leiterin der Fachabteilung „Thermodynamik — Metrologie in der Verfahrenstechnik" und Herr Dr. sc. techn. KLAUS HASCHE, Leiter der Fachabteilung „Mechanik — Metrologie in der Fertigungstechnik" (Bild 1).

Zunächst baten wir unsere Gesprächspartner, sich den msr-Lesern vorzustellen.

Dr. MÖBIUS:

Von 1952 bis 1957 studierte ich Physik an der Karl-Marx-Universität Leipzig. Nach dem Abschluß als Diplomphysiker begann ich Ende 1957 meine Tätigkeit am damaligen „Deutschen Amt für Maß und Gewicht" (DAMG), aus dem nach den Zusammenlegungen mit dem „Amt für Material- und Warenprüfung" (1964) und dem „Amt für Standardisierung" (1972) das „Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung" (ASMW) gebildet wurde. Ich beschäftigte mich zunächst vorrangig mit elektrischer und magnetischer Meßtechnik. Auf der Grundlage dieser Arbeiten promovierte ich 1965 an der KMU Leipzig mit einem Thema zur magnetischen Kernresonanz. 1972 wurde ich Leiter der Fachabteilung Elektrizität und bin seit 1985 Vizepräsident des ASMW und Leiter des Fachbereichs Meßwesen. Mit dieser Funktion sind neben den Leitungsaufgaben im Amt vor allem auch Aufgaben der internationalen Repräsentanz der DDR verbunden, so bin ich Bevollmächtigter der DDR im Inter-Etalon-Pribor, der wissenschaftlichen Produktionsvereinigung für Referenznormale und Normalproben im RGW, Vertreter der DDR in der Sektion Metrologie der Ständigen Kommission des RGW für Standardisierung (SKS) und Vertreter der DDR bei der Generalkonferenz für Maß und Gewicht der Internationalen Meterkonvention.

Dr. WLOKA:

Nach einer Berufsausbildung mit Abitur studierte ich von 1967 bis 1971 Prozeßmeßtechnik im Wissenschaftsbereich Meßtechnik der Sektion Technische und Biomedizinische Kybernetik der TH Ilmenau. Das sich dort anschließende Forschungsstudium fand 1975 seinen Abschluß mit der Promotion A zu Störeinflüssen (elastische Nachwirkung) bei Kraftsensoren. 1974 wurde ich Mitarbeiterin im ASMW in der Arbeitsgruppe „Masse und Wägetechnik". Seit 1983 bin ich Leiterin der Fachabteilung „Thermodynamik — Metrologie in der Verfahrenstechnik" und damit verantwortlich für die Einheiten von Volumen, Volumenstrom, Durchfluß (Gase und Flüssigkeiten), Temperatur, Wärmemenge, Dichte, Viskosität und Druck.

Dr. HASCHE:

Von 1960 bis 1966 absolvierte ich am Institut für Grundlagen des Maschinenwesens an der TU Dresden ein Studium der angewandten Mechanik. Anschließend war ich dort bis 1969 wissenschaftlicher Assistent im Wissenschaftsbereich Statik und Festigkeit. Meine Tätigkeit im ASMW begann ich 1969 als Leiter des Fachgebiets „Kraft und Masse" in der Fachabteilung „Mechanik — Metrologie in der Fertigungstechnik". Mit einer Arbeit zur Elastizitätstheorie erlangte ich 1971 die Promotion A und mit einer fehlertheoretischen Betrachtung der Unsicherheit von Meßergebnissen 1987 die Promotion B (s. S. 516, die Red.). Aufgrund langjähriger nebenamtlicher Lehrtätigkeit wurde ich 1986 Honorardozent für Prozeßmeßtechnik an der TH Ilmenau. Neben der Mitwirkung im Zentralen Arbeitskreis (ZAK) Meßtechnik gehöre ich als Delegierter der WGMA dem IMEKO-TC-3 „Kraft- und Massemessung" an, bin Vorstandsmitglied der WGMA und Mitglied des Internationalen Komitees für Gesetzliche Metrologie (OIML).

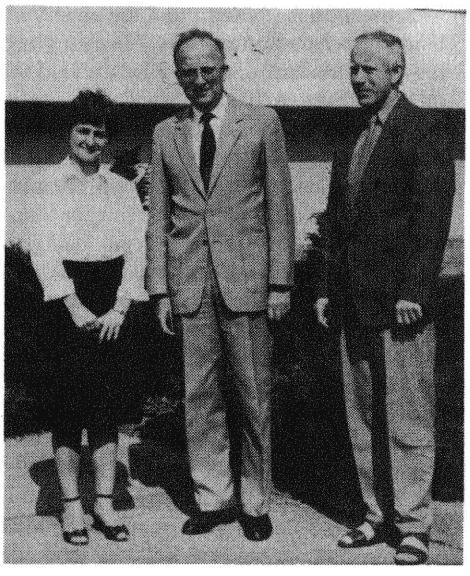


Bild 1. Unsere Interviewpartner
Von links nach rechts: Frau Dr.-Ing. M. WLOKA, Dr. rer. nat. K. MÖBIUS, Dr. sc. techn. K. HASCHE

msr:

Herr Dr. MÖBIUS, das ASMW kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. Würden Sie uns bitte mitteilen, wie es sich entwickelt hat und heute strukturiert ist.

Dr. MÖBIUS:

Im Mai 1946 erging der Befehl Nr. 158 des Obersten Chefs der Sowjetischen Militäradministration, das Deutsche Amt für Maß und Gewicht (DAMG) als Nachfolgeinstitution der 1887 gegründeten „Physikalisch-Technischen Reichsanstalt" (PTR) auf dem Gebiet der damaligen Sowjetischen Besatzungszone zu bilden.

1947 wurde in Thüringen ein erstes Landesamt für Material- und Warenprüfung gegründet. Der Aufbau des DAMG begann zunächst in Weida, dorthin waren nämlich wesentliche Teile der PTR während des 2. Weltkrieges ausgelagert worden, und dann in Berlin.

Umfangreiche Mittel wurden nach der Staatsgründung von der Regierung der DDR bereitgestellt. Die von der PTR übernommenen Normale waren im Lauf der Entwicklung nicht mehr ausreichend. Klimatisierte, erschütterungsfreie und elektrisch abgeschirmte Gebäude wurden gebaut, neue Normale und Normalmeßverfahren entwickelt und die gesetzlichen Vorschriften auf dem Gebiet des Meßwesens, entsprechend den Anforderungen des sozialistischen Staates, erarbeitet und vervollkommnet.

Die Entstehung von DAMG/ASMW ist auf das engste mit der Geschichte der PTR verbunden. Deshalb begingen wir im vergangenen Jahr den 100. Jahrestag der Gründung der PTR mit einem Festkolloquium „100 Jahre Staatliche Metrologie".

[1)] Lesen Sie im Zusammenhang mit dieser Vorstellung auch unsere 3. Umschlagseite!

Es war stets das Ziel des DAMG bzw. des heutigen ASMW, die damit vorgegebenen positiven Traditionen dieser ersten staatlichen Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Metrologie, vor allem das hohe wissenschaftliche Niveau und die enge Verbindung der metrologischen Forschung mit der Industrie aufrecht zu erhalten und zu pflegen. Das Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung übernahm dann, nachdem 1964 der Zusammenschluß mit dem „Amt für Material- und Warenprüfung" und 1972 mit dem „Amt für Standardisierung" erfolgt war, seine heutigen Aufgaben. An dieser Entwicklung wird deutlich, daß die Aufgaben des ASMW weit über die der einstigen PTR hinausgehen.

Die Hauptaufgabe des ASMW besteht in der umfassenden Durchsetzung der Qualitätspolitik und umfaßt Standardisierung, Metrologie und Qualitätssicherung, mit deren Planung und Leitung das ASMW als Organ des Ministerrates beauftragt ist.

Das ASMW beschäftigt heute etwa 4000 Mitarbeiter. Der Hauptsitz ist Berlin. Zahlreiche Außenstellen sind über das Gebiet der DDR verteilt, so z. B. in Rostock, Stralsund, Leipzig, Halle, Dresden, Zwickau, Cottbus, Gera usw.

Das ASMW gliedert sich in die Fachbereiche Standardisierung, Meßwesen und 5 Fachbereiche für Qualitätssicherung (Maschinenbau, Elektrotechnik, Chemie, Bauwesen, Leichtindustrie). Die Fachbereiche gliedern sich ihrerseits in Fachabteilungen und diese in die Fachgebiete. Zu den Fachbereichen für Qualitätssicherung gehören die Staatlichen Qualitätsinspektionen des ASMW in den Kombinaten.

Leiter des Amtes ist sein Präsident, Staatssekretär Prof. Dr. rer. nat. habil. H. LILIE. Die Fachbereiche werden von Vizepräsidenten geleitet.

msr:

Ihr Fachbereich Meßwesen spielt historisch, wie wir gesehen haben, und aktuell, besonders was die Belange der Automatisierungstechnik, der modernen Fertigungstechnik und der Schlüsseltechnologien allgemein aber auch vieler anderer Bereiche, z. B. Umweltschutz und Gesundheitswesen, betrifft, eine grundsätzliche Rolle.

Bitte umreißen Sie für unsere Leser Aufbau und Aufgaben des Fachbereichs.

Dr. MÖBIUS:

Unser Fachbereich mit seinen etwa 900 Mitarbeitern besteht aus den 4 meßtechnischen Fachabteilungen

- Mechanik — Metrologie in der Fertigungstechnik (Dr. sc. techn. K. HASCHE)
- Thermodynamik — Metrologie in der Verfahrenstechnik (Dr.-Ing. M. WLOKA)
- Metrologie in der Elektrotechnik/Elektronik (Dr.-Ing. L. DALLWITZ)
- Analysenmeßtechnik/Stoffdaten (Dr. rer. nat. W. KÜNZEL)

und den Fachabteilungen

- Muster- und Gerätebau (W. VANSELOW)
- Grundsatz und Planung Meßwesen (Dipl.-Phys. J. KELM).

Kernaufgabe des Fachbereichs Meßwesen ist die Darstellung, Bewahrung und Weitergabe der Maßeinheiten physikalischer Größen, insbesondere bis zu den Hauptnormalen der Kombinate mit dem Ziel, die Einheitlichkeit der Maße und die Richtigkeit der Messungen zu gewährleisten. Das ASMW legt gemäß den Beschlüssen der Generalkonferenzen für Maß und Gewicht die in der DDR geltenden Maßeinheiten fest, hat aber gleichzeitig auch deren einheitliche und richtige Anwendung zu sichern und zu kontrollieren. Das setzt die Bereitstellung und Weiterentwicklung von Normalen, Normalmeßverfahren und Prüfmethoden auf der Grundlage eigener metrologischer Forschungen und Auftragsforschungen sowie die Erarbeitung der erforderlichen gesetzlichen Regelungen, Vorschriften und Standards voraus.

Die Einheitlichkeit über die Grenzen der DDR hinaus wird durch die Zusammenarbeit in der internationalen Meterkommission, der OIML, der Sektion Metrologie der Ständigen Kommission Standardisierung im RGW usw. sichergestellt.

Eine sehr enge Zusammenarbeit besteht mit den sozialistischen Ländern, besonders mit der UdSSR, mit der ein Regierungsabkommen auf dem Gebiet der Metrologie abgeschlossen wurde.

Diese internationale Zusammenarbeit ist sowohl für die Exportfähigkeit von Erzeugnissen als auch für Meßmittelimporte von wesentlicher Bedeutung.

msr:

Vielleicht können wir an dieser Stelle zunächst unterbrechen. Frau Dr. WLOKA, können Sie uns zur Darstellung und Weitergabe der Einheiten einige Beispiele aus Ihrer Fachabteilung erläutern?

Dr. WLOKA:

Wie bereits erwähnt, befaßt sich die Fachabteilung Thermodynamik u. a. mit Darstellung und Weitergabe der Einheiten von Volumen, Volumenstrom, Durchfluß, Temperatur, Wärmemenge, Dichte, Viskosität und Druck.

Analysen zur Prozeßmeßtechnik zeigen, daß der Temperaturmessung und damit der **Darstellung und Weitergabe der Temperaturskale** eine überragende Bedeutung zukommt.

Die Arbeitsbasis für die Lösung der grundlegenden Aufgaben der Temperaturmeßtechnik bildet derzeit noch die von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht vereinbarte „Internationale Praktische Temperaturskale von 1968 (IPTS-68)". 1990 wird eine neue, wesentlich erweiterte und in den Darstellverfahren verbesserte Temperaturskale (ITS-90) international für den Temperaturbereich von etwa 0,5 K bis 2600 K eingeführt.

Die Internationalen Temperaturskalen basieren auf einer Reihe von definierten Fixpunkttemperaturen, Interpolationsgeräten zur Darstellung von Temperaturen zwischen den Fixpunkten und den dazugehörenden Interpolationsformeln.

Ausgewählte und durch besondere Anwendungsvorschriften gekennzeichnete Thermometer und thermometrische Einrichtungen bilden das „Staatliche Etalon" der Temperatur.

Aufgrund gestiegener temperaturmeßtechnischer Anforderungen aus Wissenschaft und Industrie im Bereich sehr tiefer ($T < 30$ K) und sehr hoher ($T > 1300$ K) Temperaturen wurden in den vergangenen Jahren besonders rationelle und den Genauigkeitsansprüchen genügende Normalmeßeinrichtungen und Kalibrierverfahren entwickelt. Dazu gehören die abgeschlossenen Tripelpunktzellen für die Gase Wasserstoff, Neon, Sauerstoff und Argon, mit deren Hilfe die entsprechenden Fixpunkte im Tieftemperaturbereich mit einer Unsicherheit <2 mK dargestellt werden können, sowie die Realisierung einer praktischen Temperaturskale auf der Basis von eingemessenen Ge-Widerstandsthermometern. Durch den Einsatz selbst entwickelter supraleitender Fixpunkteinrichtungen (mit den Reinstmetallen In, Pb, Nb) und einer Reihe verbesserter adiabatischer Kryostate wurden die Meß- und Kalibriermöglichkeiten im Bereich $T < 10$ K wesentlich erweitert, so daß hier jetzt alle gängigen Temperaturfühler entsprechend den Anforderungen eingemessen werden können.

In beschränktem Umfang konnten der Industrie und anderen Einrichtungen im ASMW gefertigte Tripelpunktzellen zur Verfügung gestellt werden.

Die **gravimetrische Normalmeßeinrichtung** des ASMW für Flüssigkeiten als Bestandteil des Normalensystems des ASMW der Volumen- und Durchflußmessung arbeitet nach dem dynamischen gravimetrischen Verfahren mit Umschaltklappe (fliegender Start/Stop) und statischer Wägung. Sie dient der Darstellung der Einheiten „Volumenstrom" und „Massestrom" von Flüssigkeiten als Mittelwert innerhalb eines definierten Zeitabschnittes und ermöglicht sowohl die Prüfung der verschiedenen Durchflußmeßmittel als auch die von Volumen- oder Massezählern im Durchflußbereich von 0,5 bis 120 m^3 je h. Die gesamte Normalmeßeinrichtung besteht aus einem Versorgungsteil mit Lagerbehälter, Pumpen und einem Turm mit Hochbehälter zur Druck- und Durchflußstabilisierung, einer Meßstrecke zum Einbau der Prüflinge mit Strömungsgleichrichter und Einlaufrohrstrecke bis zum 50fachen der jeweiligen Nennweite zur Erreichung einer ungestörten Strömung, den beiden Meßzweigen mit je einer Umschaltklappe und einer Präzisionswaage mit Auffangbehälter (Bild 2). Es können Meßguttemperaturen im Bereich zwischen 1 und 80 °C bei einem statischen Druck von 300 kPa realisiert werden. Die Normalmeßeinrichtung ist mit einer mikrorechnergesteuerten Meßwerterfassungs- und -verarbeitungseinrichtung ausgerüstet (Bild 3), die im On-line-Betrieb die automatische Steuerung des Meßablaufes übernimmt. Sie basiert auf einem für die Automatisierung von hochgenauen Labormeßeinrichtungen im ASMW entwickelten

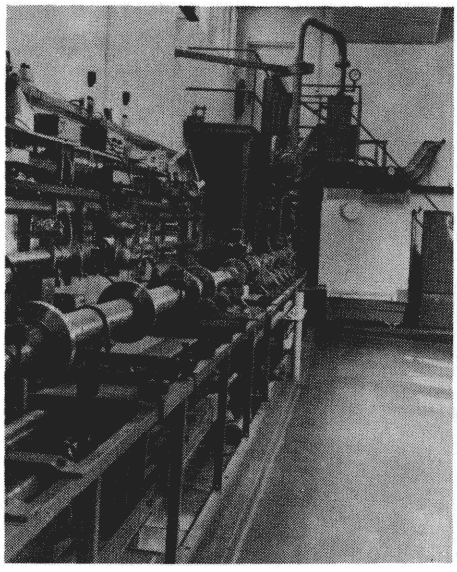


Bild 2. Gravimetrische Meßeinrichtung für Flüssigkeiten

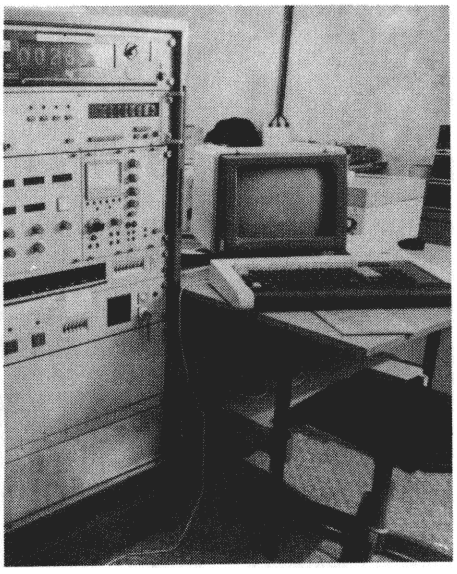


Bild 3. Meßwerterfassung mit Mikrorechner

speziellen Meßtechnikrechner. Die Normalmeßeinrichtung arbeitet zusätzlich mit einem Sicherungsnormal und zwar einer neu entwickelten Rohrprüfstrecke (Molchprüfeinrichtung). Im Zusammenwirken beider Normalmeßeinrichtungen wird eine Meßunsicherheit kleiner $2 \cdot 10^{-4}$ im unteren Durchflußbereich bis 20 m^3/h erreicht.

Die **Darstellung der Einheit des Druckes — Pascal (Pa)** — wird im ASMW in einem Druckbereich von etwa 10^{-6} Pa (Hochvakuum) bis 1400 MPa (hoher Überdruck) realisiert. Aufgrund des Umfanges dieser zu erfassenden Druckbereiche wird die Einheit des Druckes durch vier voneinander unabhängige Normalverfahren im Range Staatlicher Etalons fundamental dargestellt.

Für den Bereich des absoluten Druckes von 10^{-6} bis 1000 Pa wird als Staatliches Etalon 1 Satz Kompressionsvakuummeter nach McLeod in Verbindung mit einem dynamischen Expansionsverfahren eingesetzt. Entsprechend den Anforderungen ist derzeit der Bau einer neuen Anlage für das dynamische Expansionsverfahren in Vorbereitung, die eine Erweiterung des Meßbereiches in Richtung Ultrahochvakuum und eine Verringerung der Meßunsicherheit ermöglicht.

Für den Bereich des absoluten Druckes von 1 bis 400 kPa wird im ASMW ein Präzisions-U-Rohrmanometer mit Quecksilberfüllung als Primärnormal mit einem Meßbereich 1 bis 100 kPa und einer relativen Meßunsicherheit kleiner $4 \cdot 10^{-6}$ verwendet. Die Darstellung des Überdruckbereiches von —0,1 bis 1400 MPa wird durch ein Kolbenmanometer-Gruppenprimärnormal abgesichert.

Die Weitergabe der Druckskale an die Industrie erfolgt insbesondere durch Eichung von Kolbenmanometern, Feindruckprüfwaagen, Federmanometern, Wassersäulenmanometern, Schrägrohrmanometern, Quecksilberbarometern und Kompressionsmanometern sowie an allgemein interessierende Bereiche durch Eichung von Normalen für Reifeninnendruck-, Blutdruck- und Augendruckmeßgeräte.

msr:

Herr Dr. Hasche, Ihre Fachabteilung hat für Fertigungstechnik, Maschinenbau, Optik, aber auch die moderne Mikroelektronik-Technologie eine besondere Bedeutung. Nennen Sie uns einige Beispiele für die Darstellung der entsprechenden Maßeinheiten!

Dr. Hasche:

Die Fachabteilung „Mechanik — Metrologie in der Fertigungstechnik" gliedert sich in die Fachgebiete: Länge, Schwingung und Gestalt, Kraft und Härte, Masse und Waagen. Auch auf diesen Gebieten wird das hohe metrologische Niveau des ASMW ersichtlich. Einige Beispiele können das verdeutlichen.

Im Jahre 1983 erfolgte durch die 17. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) die Neudefinition der Längeneinheit in Form einer Laufzeitdefinition bei einem festgelegten Wert für die Lichtgeschwindigkeit. In Übereinstimmung damit und mit den gleichzeitig gegebenen Empfehlungen des Internationalen Komitees für Maß und Gewicht (CIPM) zur Realisierung dieser Definition wird im ASMW die **Einheit der Länge — Meter** — mittels der Strahlung frequenzstabilisierter He—Ne/J_2-Laser mit einer Frequenzstabilität von $10^{-11} \cdot f$ und mit Frequenzabweichungen noch unter diesem Wert dargestellt. Internationale Maßvergleiche an solchen Lasern zeigen, daß das ASMW das internationale Spitzenniveau mitbestimmt (Bild 4). Der gesamte Komplex von Meßeinrichtungen zur Darstellung der Einheit der Länge und zur Übertragung dieser Einheit auf nachgeordnete Normale wurde 1987 als „Staatliches Etalon der Einheit der Länge" bestätigt.

Zu diesem Komplex gehörende rechnergestützte Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Differenz zweier Laserfrequenzen bzw. der Bestimmung von Vakuumwellenlängen von Strahlungsquellen gewährleisten sowohl die Darstellung der Einheit mit der notwendigen Unsicherheit als auch ihre Übertragung auf nachgeordnete Wellenlängennormale (z. B. Spektrallampen). Ein automatischer Interferenzkomparator mit einem Meßbereich von 0 bis 2 m (Zwei-Meter-Komparator) gestattet den Anschluß körperlicher Längennormale an Lichtwellenlängen (Bild 5). Diese Parallelendmaße und Strichmaßstäbe, die nach wie vor im gesamten Bereich der Volkswirtschaft die wichtigsten betrieblichen Hauptnormale sind, können bei einer statistischen Sicherheit von $P = 0{,}99$ und einer Länge l mit einer Unsicherheit von $u_{99} = 0{,}03\ \mu m + 10^{-7} l$ angeschlossen werden.

Ein vom Internationalen Büro für Maß und Gewicht (BIPM) zwischen 12 Staatsinstituten entwickelter Industrieländer organisierter Maßvergleich mit einem Strichmaßstab von 1 m Teilungslänge zeigte die ausge-

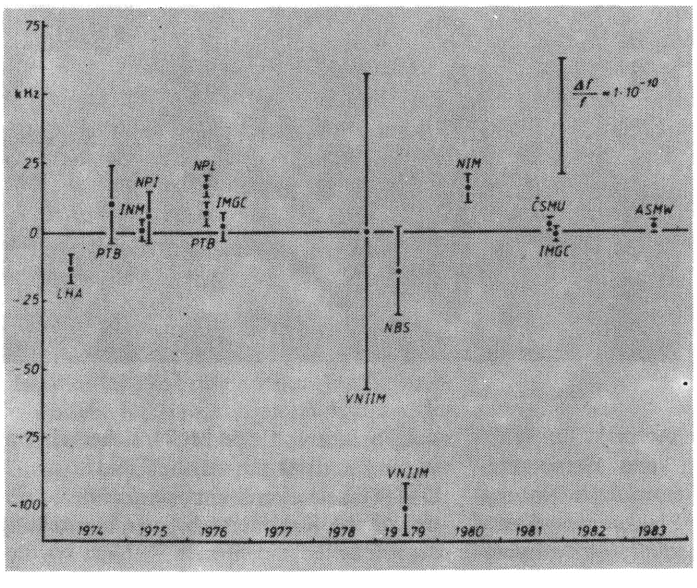


Bild 4. Internationale Meßvergleiche an He—Ne/J_2-Lasern

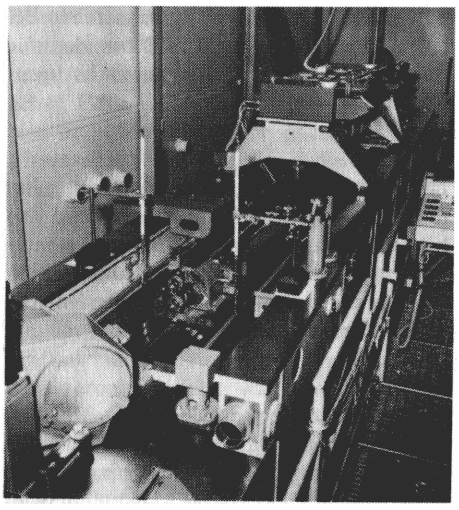


Bild 5. Automatischer Interferenzkomparator (Zwei-Meter-Komparator)

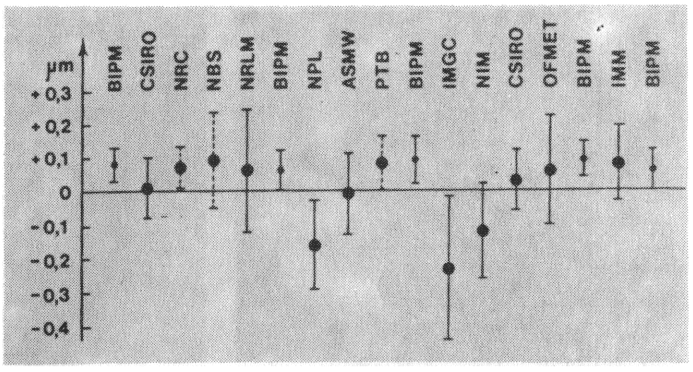


Bild 6.
Internationaler Maßvergleich an einem Strichmaßstab von 1 m Teilungslänge

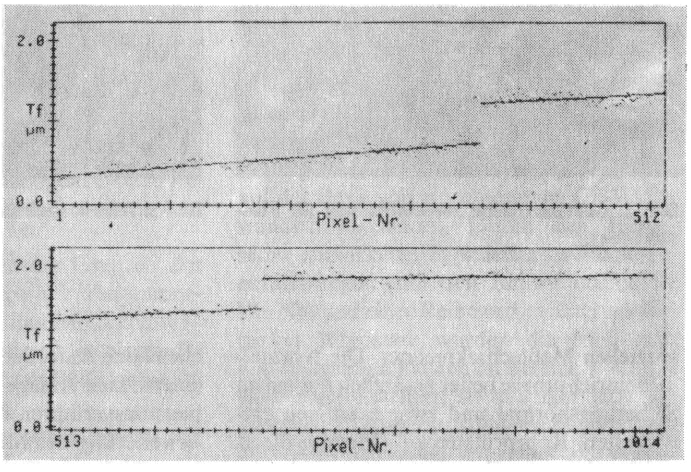


Bild 7.
Teilungsfehler T_f einer CCD-Zeile L 133 C

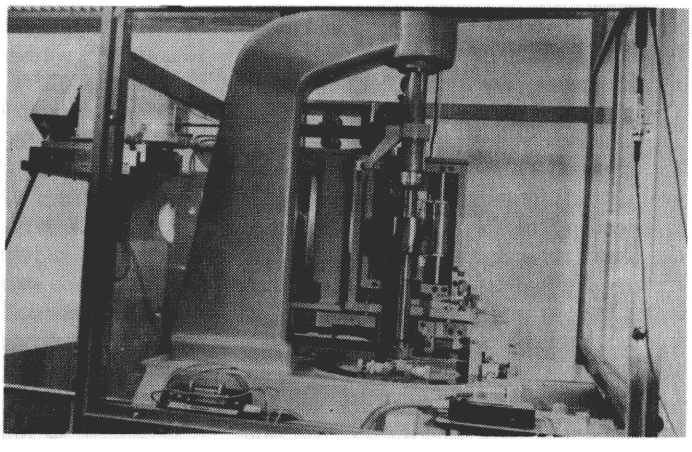


Bild 8.
Normalmeßeinrichtung Flankenlinie

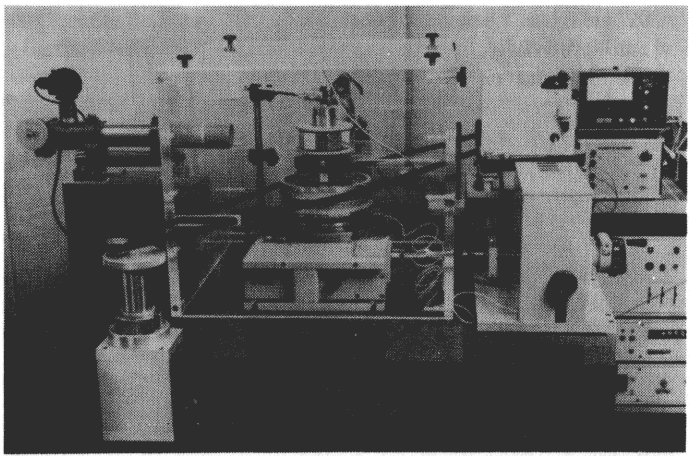


Bild 9.
Winkeletalon

zeichneten Leistungsparameter des Interferenzkomparators (Bild 6).

Da das ASMW die meßtechnische Unterstützung der Kombinate und Betriebe der DDR immer als eine wesentliche Aufgabe betrachtete, wurde auch neuartigen Anforderungen an genaueste Längenmessungen durch die Entwicklung von Meßverfahren und -einrichtungen für die optoelektronische Längenmessung Rechnung getragen. Bild 7 zeigt als Beispiel Ergebnisse, die auf einem automatischen Meßplatz gewonnen wurden und mit einer Meßunsicherheit von etwa 0,1 µm den bisher genauesten Maßanschluß von positionsempfindlichen optoelektronischen Sensoren (CCD-Zeilen, Vollflächendioden) darstellen.

Es wurden Arbeiten begonnen, die zukünftig auf den Gebieten der Mikroelektronik-Technologie bzw. der Ultrapräzisionsmechanik steigenden Forderungen an immer kleinere Dimensionen und Meßunsicherheiten im Submikrometerbereich metrologisch zu sichern.

Auf dem Gebiet der Gestalt- und Winkelmessung wurden im ASMW **Normalmeßeinrichtungen für die Geradheit, Ebenheit, Kreisform, Rechtwinkligkeit, Rauheit und Verzahnung** sowie das **„Staatliche Etalon der Einheiten des ebenen Winkels"** geschaffen. Diese Normalmeßeinrichtungen mit den zugehörigen Normalverfahren erfüllen bezüglich ihrer Meßbereiche und Meßunsicherheiten die hohen Anforderungen, die insbesondere der Werkzeugmaschinen- und Gerätebau stellen.

Die Richtigkeit der Normalmeßeinrichtungen für die Gestalt wurde in einem zweiseitigen Maßvergleich zwischen ASMW und GOSSTANDART/UdSSR an Rauheits-, Kreisform- und Evolventenverkörperungen sowie Lehrzahnrädern in den Jahren 1985 bis 1987 bestätigt. Entsprechend den Forderungen der Industrie wurde ein relativ geschlossenes System von Normalen für die Messung von Stirnrädern mittlerer Moduln aufgebaut, so daß das ASMW Evolventen-, Flankenlinien- und Zweiflankenwälzverkörperungen sowie Einstellnormale für Wälzfräsermeßgeräte prüfen kann. Hervorzuheben ist die im ASMW entwickelte Normalmeßeinrichtung für die Flankenlinie, die auf dem Prinzip der Zylinderkoordinatenmessung beruht und eine Meßunsicherheit von $u_{99} = 1$ µm/100 mm aufweist (Bild 8).

Das Winkeletalon besitzt als wichtigste metrologische Kennwerte bei der Darstellung der Einheiten des ebenen Winkels im Be-

reich von 0 bis 360° und bei einer statistischen Sicherheit von $P = 0{,}99$ einen nicht erfaßten systematischen Fehler von 0,03″ und einen zufälligen Fehler von 0,01″ (Bild 9).

In Zukunft wird sich das ASMW verstärkt den Problemen der Mehrkoordinatenmeßtechnik widmen, um die ständig zunehmende Zahl von Mehrkoordinatenmeßgeräten in der Industrie richtig zu halten und selbst die Mehrkoordinatenmeßtechnik für hochgenaue Messungen an geometrisch komplizierten Körpern einzusetzen.

Die in der DDR gültige Kraftskale wird im ASMW mit Hilfe von drei **Kraft-Normalmeßeinrichtungen (KNME)** im Bereich 100 N bis 10 MN realisiert. Zwei KNME mit direkter Massewirkung der Nennkraft 20 kN und 2 MN werden im Meßbereich 100 N bis 2 MN mit einer relativen Meßunsicherheit von $u_{95}^* \leqq 2 \cdot 10^{-5}$ angewendet. Die KNME 2 MN (Bild 10) wird für Kräfte größer 200 kN von den metrologischen Staatsämtern mehrerer RGW-Länder als Primärnormal genutzt, ebenso die KNME 10 MN (Kraft-Normalmeßeinrichtung mit direkter Massewirkung und hydraulischer Übersetzung 1:200), die eine relative Meßunsicherheit von $u_{95}^* < 5 \cdot 10^{-4}$ hat.

Es wurden Dehnungsmeßstreifen-Kraftaufnehmer für Zug- bzw. Druckkräfte mit Störgrößenkompensation für den Meßbereich von 100 kN bis 5 MN entwickelt und gebaut, die es gestatten, weitgehend unabhängig von der Wechselwirkung zwischen KNME und Kraftaufnehmer die Normalkomponente des Kraftvektors zu bestimmen. Die besten Exemplare dieser Kraftaufnehmer werden als Transfernormale bei Vergleichsmessungen zur Sicherung einer international einheitlichen Kraftskale eingesetzt. So wurde 1986 unter Federführung des ASMW ein Vergleich der Kraftnormale zwischen den europäischen RGW-Ländern im Meßbereich 100 kN bis 1000 kN realisiert. Im gleichen Meßbereich wurde 1987/88 der Vergleich mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt der BRD durchgeführt, die ihrerseits mit mehr als 20 Ländern Vergleichsmessungen realisierte.

Im Mai 1988 konnte das Gesamtergebnis dieses Vergleiches der Kraftskalen von 30 Ländern im Rahmen eines internationalen Expertentreffens des Konsultativkomitees Masse (CCM) der Meterkonvention in Berlin bewertet und ein gemeinsamer Standpunkt zur Angabe der praktisch realisierbaren Meßunsicherheit bei der Kraftdarstellung und -weitergabe erarbeitet und abgestimmt werden.

Die Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen werden bei der Prüfung von Zug-Druck-Festigkeitsprüfmaschinen in der Volkswirtschaft angewendet. Daneben werden die ASMW-Prüfeinrichtungen für meßtechnische Untersuchungen im Auftrage der Industrie der DDR und des Auslandes an Entwicklungsmustern von Kraftaufnehmern und Wägezellen genutzt.

Zur metrologischen Sicherung der Schwingungs- und Stoßmeßtechnik wurden im ASMW **Normalverfahren und Normalmeßeinrichtungen** entwickelt, die **für die Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßmeßmitteln** mit sinusförmigen Translationsschwingungen und mit stoßförmigen Beschleunigungsverläufen angewendet werden.

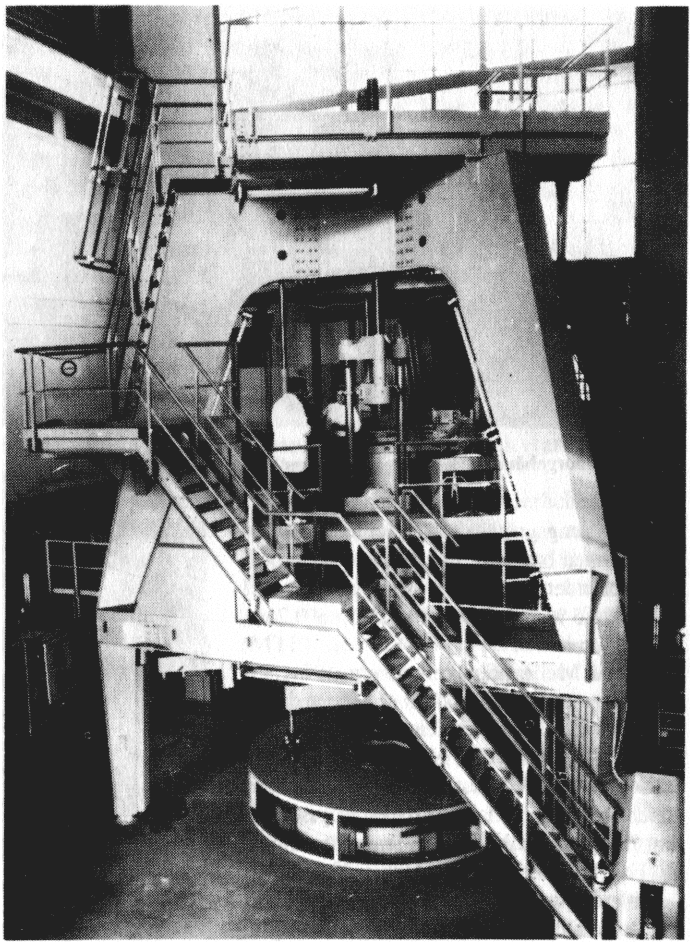


Bild 10.
Kraft-Normalmeßeinrichtung (2 MN)

Absolutkalibrierungen mit sinusförmiger Anregung des Prüflings werden im Frequenzbereich 0,01 Hz bis 20 kHz durchgeführt. Dazu stehen 3 Normalmeßeinrichtungen — kurz als Tief-, Mittel- und Hochfrequenzschwingungsnormal bezeichnet — zur Verfügung, die das „Staatliche Etalon der Einheiten von Beschleunigung, Geschwindigkeit und Länge bei mechanischen Schwingungen" bilden (Tieffrequenzschwingungsnormal siehe Bild 11). Die Schwingungserzeugung erfolgt dabei mittels elektrodynamischer Schwingungserreger, die mit luftgelagerten Geradführungen ausgerüstet sind.

Zur Messung der Schwingwegamplitude s werden interferenzoptische Meßeinrichtungen angewendet, die auf neuartigen bzw. weiterentwickelten Zählverfahren beruhen. Zur Bestimmung der Grundschwingungsamplituden der Beschleunigung $\hat{a}$ und der Geschwindigkeit $\hat{v}$ wird der Zusammenhang $\hat{a} = 2\pi f\hat{v} = (2\pi f)^2\,\hat{s}$ genutzt. Der interferenzoptisch gemessene Schwingwegamplitudenbereich reicht von 5 nm bis 0,5 m. Dieser weite Amplitudenbereich ermöglicht es, den für Kalibrierungen international bevorzugten Beschleunigungsamplitudenbereich 1 bis 100 m s^{-2} in einem weiten Frequenzbereich einzuhalten. Die relative Meßunsicherheit u_{99}^* der Amplituden der

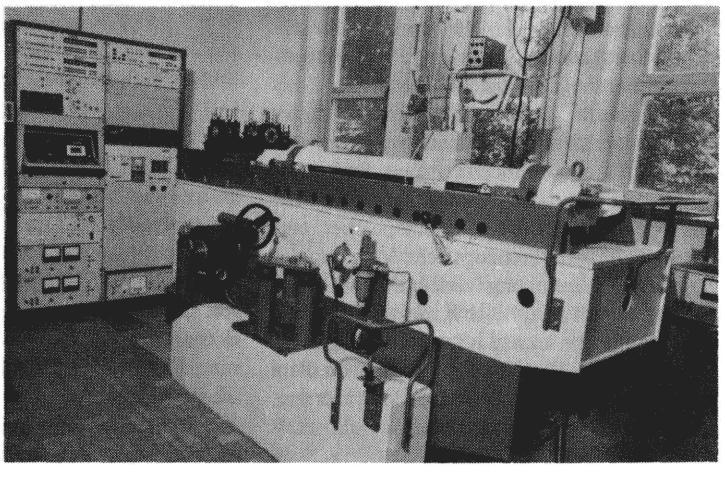


Bild 11.
Tieffrequenz — Schwingungsnormal

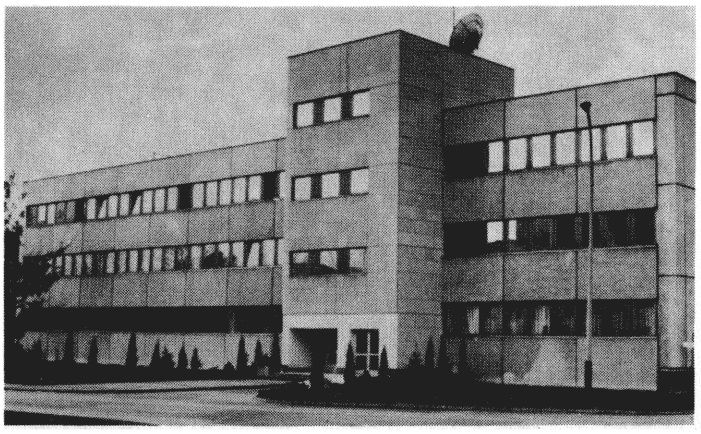


Bild 12. Laborgebäude „Elektromagnetismus"

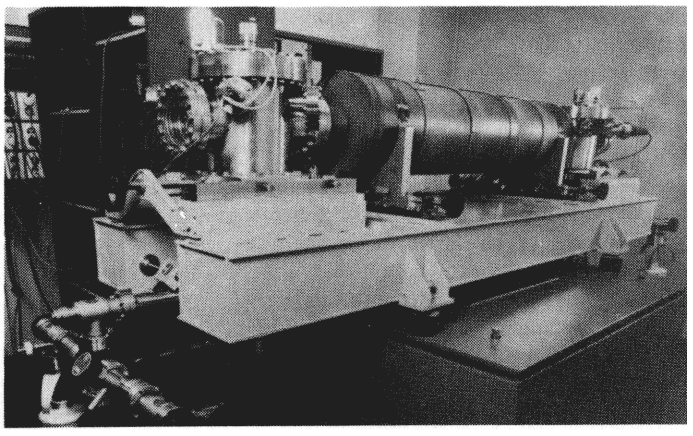


Bild 13. Atomstrahlapparatur des Primärnormals der Zeit

3 Schwingungsgrößen sowie der elektrischen Spannungen bzw. Ladungen am Ausgang zu kalibrierender Schwingungsmeßwandler beträgt $\leqq 0{,}5\,\%$ im Gesamtbereich, $\leqq 0{,}25\,\%$ im Teilbereich.

Die hohe Meßgenauigkeit in einem weiten Frequenz- und Amplitudenbereich ist durch internationale Maßvergleiche bestätigt. So wurde 1988 ein vom National Bureau of Standards der USA organisierter Maßvergleich zwischen 25 Laboratorien abgeschlossen, bei dem im ASMW 4 Transfernormale im Frequenzbereich 0,5 Hz bis 20 kHz bei Beschleunigungsamplituden 1 bis 100 $m \cdot s^{-2}$ absolut kalibriert worden sind. Als repräsentatives Beispiel sei ein Transfernormal, bestehend aus Beschleunigungsmeßwandler auf Quarzbasis und Ladungsverstärker, betrachtet. Im ASMW ergaben sich die Werte des Spannungsübertragungsfaktors bei 80 Hz zu 1,0275 $mV/m \cdot s^{-2}$ und bei 160 Hz zu 1,0276 $mV/m \cdot s^{-2}$. Diese Werte weichen um weniger als 0,1 % vom Mittelwert (Median) aus den Ergebnissen aller Laboratorien ab und liegen gemeinsam mit den Ergebnissen des CSMU Prag und der PTB Braunschweig in einer Spannweite von 0,11 %.

Zur Kalibrierung von Schwingungs- und Stoßmeßmitteln mit stoßförmigen Anregungsbeschleunigungen wurden Verfahren für den Stoßdauerbereich 1 bis 10 ms und den Beschleunigungsspitzenwertbereich 100 bis 200 $ms \cdot s^{-2}$ entwickelt. Dabei werden aus gespeicherter elastischer Energie gerade, zentrale Stöße mit störschwingungsfreiem Beschleunigungsverlauf innerhalb des IEC-Toleranzbereiches für Halbsinusstöße erzeugt. Die Absolutmessung des Stoßspitzenwertes beruht auf der Messung des Zeit-Weg-Verlaufes mittels Laserinterferometer und Zähltechnik. Zur synchronen Erfassung der Verläufe von mechanischer Eingangsgröße und elektrischer Ausgangsgröße wird ein zweikanaliger Transientenspeicher eingesetzt. Die interferenzoptische Messung der Spitzenbeschleunigung erfolgt mit einer Meßunsicherheit $u_{99} \leqq 1\,\%$. Bei der Messung des Spannungs- bzw. Ladungsübertragungsfaktors eines Beschleunigungsmeßwandlers werden $u_{99} \leqq 1\,\%$ bei Absolutkalibrierung, $\leqq 1{,}5\,\%$ bei Vergleichskalibrierung eingehalten.

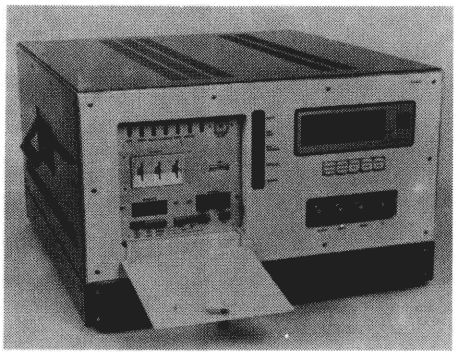


Bild 14. Transportables Cs-Frequenznormal (Atomuhr)

Bild 15. Reflexionsarmer Raum

Dr. MÖBIUS:

Bitte lassen Sie mich an dieser Stelle noch einiges zu weiteren Einrichtungen unseres Fachbereichs ergänzen.

1980 wurde unser Laborgebäude „Elektromagnetismus" fertiggestellt (Bild 12). Damit verfügt das ASMW über einen nach modernen Gesichtspunkten gestalteten, in seinem Kern vollklimatisierten und elektrisch abgeschirmten Bau zur Durchführung hochempfindlicher von Einflußgrößen befreiter elektromagnetischer Messungen. In diesem Hause sind der **Staatliche Zeit- und Frequenzdienst der DDR** mit mehreren Atomfrequenznormalen, der Steuerung der Synchronimpulse für die Zeilenfrequenz des Fernsehbildes und die Zeitzeichenaussendung über die Rundfunksender der DDR sowie einer Empfangsanlage zur Durchführung von Satellitenzeitvergleichen, die **Staatlichen Etalons für die elektrischen Größen Spannung, Widerstand, Kapazität, Dämpfung, Feldstärke und UHF-Leistung** untergebracht. In einem akustischen Anbau befinden sich ein reflexionsarmer und zwei Hallräume für hochpräzise akustische Messungen. Zusammen mit dem Gebäude wurde ein eisenfreier Pavillon zur Durchführung hochempfindlicher magnetischer Messungen errichtet.

Die **Einheit der Zeit — Sekunde** — wird im ASMW durch eine festgelegte Anzahl von Perioden der Strahlung eines Cäsium-Atoms dargestellt.

Mit Hilfe von Primärnormalen der Zeit und Frequenz werden mit erheblichem technischen Aufwand Bedingungen erzeugt, die eine möglichst genaue Darstellung der Sekunde zulassen. Mit Meßunsicherheiten im Bereich von 10^{-14} bis 10^{-12} des Nominalwertes werden Genauigkeiten erreicht, die bei anderen physikalischen Größen nicht realisierbar sind.

Bild 13 zeigt die Atomstrahlapparatur des im ASMW entwickelten Primärnormals der Zeit, mit der u. a. ein Vakuum von 10^{-5} Pa aufrechtzuerhalten, das magnetische Erdfeld um den Faktor 10^4 abzuschwächen, Ströme von 1 pA zu verstärken sind, um bei 9,2 GHz eine Resonanz von 100 Hz Bandbreite auf 1 mHz genau nachweisen zu können. Dies ist erforderlich, um eine Meßunsicherheit von $1 \cdot 10^{-13}$ zu erreichen.

Das transportable Cs-Frequenznormal (Bild 14) wurde im ASMW als Prototyp einer Atomuhr sehr hoher Präzision (10^{-12} bis 10^{-11}) mit der Zielstellung entwickelt,

- die metrologische Sicherung der Zeit- und Frequenzmessungen bei der Erschließung und Anwendung von Schlüsseltechnologien, vor allem der Kommunikationstechnologie, zu gewährleisten
- den wissenschaftlich-technischen Vorlauf für eine Weiterentwicklung zur Deckung des Bedarfs der 90er Jahre in unserer Volkswirtschaft zu schaffen.

Zur **Darstellung und Bewahrung der Schalldruckeinheit** und für ihre Übertragung mit Hilfe spezieller Normalmeßmikrofone steht im ASMW ein reflexionsarmer Raum mit schallabsorbierender Wandverkleidung zur Verfügung, der einen Anschlußvergleich der Meßmittel über den Hörfrequenzbereich in einem ungestörten freien Schallfeld erlaubt (Bild 15). Im angrenzenden Laborraum ist eine rechnergekoppelte Apparatur zur automatischen Steuerung, Meßwertaufnahme und Ergebnisberechnung untergebracht.
Sie dient dem Anschluß der Hauptnormale der Hersteller akustischer Meßgeräte und elektroakustischer Erzeugnisse sowie der gesetzlich vorgeschriebenen Eichung von Lärmmeßgeräten für den Gesundheits- und Arbeitsschutz.

msr:

An der Weitergabe der Einheiten wurde bereits die enge Zusammenarbeit mit der Industrie deutlich. Bitte erläutern Sie diese Aufgaben zusammenfassend!

Dr. MÖBIUS:

Ganz allgemein ausgedrückt realisiert unser Amt die staatliche Einflußnahme auf die Wirksamkeit des Meßwesens in den Kombinaten, wozu auch die Ausarbeitung volkswirtschaftlicher Schwerpunkte der Meßtechnikentwicklung gehört. Die Hauptzielrichtung ist, mit Hilfe moderner Meßtechnik die durchgängige Qualitätssicherung zu ermöglichen.
Bei der Zusammenarbeit mit der Industrie sind die Bereiche Meßmittelherstellung und Meßmittelnutzung zu unterscheiden.
Die **Zusammenarbeit mit den Meßmittelherstellern** beschränkt sich nicht nur auf die Weitergabe der Maßeinheiten und die Anleitung bei der Richtighaltung der Hauptnormale, sondern umfaßt die Zulassung von Meßmittelbauarten und die zugehörigen Untersuchungen sowie die Eichung von Meßmitteln. Zur Zulassung von Meßmittelbauarten sind die Kombinate verpflichtet, wenn die Meßmittel geeicht sein müssen, dies in internationalen Vereinbarungen über Meßmittelexport und -import gefordert ist oder nicht eichpflichtige Meßmittel für den An- und Verkauf von Waren vorgesehen sind. Eichpflicht besteht für die in der Meßmittelliste (1. Durchführungsbestimmung zur Verordnung über das Meßwesen) verzeichneten Meßmittel, wenn sie für den angegebenen Einsatz angewendet werden.
Wesentliche Unterstützung wird den Meßmittelherstellern bei der Neu- und Weiterentwicklung von Meßmitteln zur Lösung wichtiger meßtechnischer Aufgaben gewährt.
Als Ergebnis guter Zusammenarbeit des ASMW mit einigen Meßmittelherstellern kommt es zur gemeinsamen Nutzung von Prüfständen.
Auf der Grundlage von bestätigten Vereinbarungen mit einigen Kombinaten und Betrieben, z. B. *NAGEMA*, *„Fritz Heckert"*, *EAW*, werden gemeinsame Entwicklungsleistungen, wie die Entwicklung von Geräten oder Teilen davon, erbracht.
Enge Kooperationen bestehen auch zum *VEB GRW Teltow* (Zähler, Volumen-, Durchflußmesser), zum *VEB Junkalor Dessau* (Dichtemessung), zum *VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg* (Pyrometer) und zum *VEB Thermometerwerk Geraberg* (elektrische Thermometer).
An dieser Stelle darf die erfolgreiche und fruchtbare Zusammenarbeit mit Hochschuleinrichtungen und Akademieinstituten nicht unberücksichtigt bleiben. Durch die enge Zusammenarbeit mit diesen Einrichtungen können deren Forschungspotential und deren neueste Forschungsergebnisse in die Arbeit des ASMW einbezogen werden und umgekehrt. Eine positive Wechselwirkung ergibt sich auch durch die aktive Mitwirkung des ASMW im Koordinierungsrat Wissenschaftlicher Gerätebau AdW-MHF-AdL.
Als Beispiele seien hier einige Partnereinrichtungen und die Fachgebiete genannt:

- *TH Ilmenau*, Sektion TBK, Wissenschaftsbereich Prozeßmeß- und Sensortechnik (Prof. G. JÄGER), Gebiet: Interferometer
- *TU Karl-Marx-Stadt*, Sektion Fertigungsprozeß und -mittel, Wissenschaftsbereich Fertigungsmeßtechnik (Prof. H. TRUMPOLD), Gebiet: Oberflächenmeßtechnik
- *TU Dresden*
  - Sektion Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Wissenschaftsbereich Längenmeßtechnik (Prof. W. LOTZE), Gebiet: 3-Koordinaten-Meßtechnik
  - Sektion Energieumwandlung, Wissenschaftsbereich Meß- und Automatisierungstechnik thermischer Anlagen (Prof. D. NETZBAND), Gebiet: Volumen- und Durchflußmessung
- *Humboldt-Universität zu Berlin*, Sektion Physik (Prof. R. HERRMANN), Gebiet: Quanten-Hall-Effekt
- *Friedrich-Schiller-Universität Jena*, Sektion Physik, Gebiet: Tieftemperaturphysik, Josephson-Effekt
- *Akademie der Wissenschaften der DDR*
  - Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau, Gebiet: Ultrapräzisionsmeßtechnik
  - Institut für Werkstofforschung und Spektroskopie, Gebiet: Supraleitung.

Bei den **Meßmittelnutzern** steht die Weitergabe der Maßeinheit bis zum Arbeitsmeßmittel im Vordergrund. Dazu sind von den Wirtschaftseinheiten Prüfschemata zu Reihenfolge, Verfahren und Genauigkeit der Weitergabe der Einheiten von den Hauptnormalen bis zu den Arbeitsmeßmitteln festzulegen, die vom ASMW bestätigt werden müssen. Die Hauptnormale selbst werden durch regelmäßigen Anschluß an die Staatlichen Etalons richtig gehalten.
Durch **metrologische Inspektionen** kommt das ASMW seinen Kontrollpflichten zur Einhaltung der gesetzlichen Regelungen auf dem Gebiet des Meßwesens in der Industrie und in anderen Einrichtungen (z. B. Gesundheitswesen) nach. Bei Verstößen kann der Fachbereich Auflagen zur Beseitigung aufgetretener Mängel erteilen oder der Präsident Disziplinar- und Ordnungsstrafen verfügen.
In Fragen des zweckmäßigen Einsatzes von Meßmitteln bei neuartigen Meßproblemen unterstützt der Fachbereich die Anwender durch Beratung im **Konsultations- und Applikationszentrum Meßwesen des ASMW.**
In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß das ASMW nicht für die Meßmittelproduktion zuständig ist; es ist jedoch stets bestrebt, seinen Einfluß auf die ausreichende Meßmittelversorgung geltend zu machen. Hinweise durch erarbeitete Analysen sind dabei nützlich.
Die große Anzahl der erforderlichen Eichungen und Prüfungen würde den Kaderbestand des Fachbereichs bei weitem überfordern. Ein großer Teil dieser Aufgaben wird deshalb von etwa **200 Meßtechnischen Prüfstellen (MTP)** des ASMW übernommen, die in vielen Kombinaten und Betrieben der Republik angesiedelt sind.
Die MTP verfügen über Laboratorien in Einrichtungen außerhalb des ASMW und qualifizierte Mitarbeiter, die zwar einen Arbeitsvertrag mit dem jeweiligen Kombinat haben, aber zur Objektivität in der Arbeit verpflichtet sind. Die Prüfstellen haben vom ASMW die Befugnis, bestimmte Aufgaben des staatlichen Meßwesens, wie Eichung und Sonderprüfungen, im Auftrag des ASMW wahrzunehmen. Im wesentlichen übernehmen die Prüfstellen die Massenprüfungen, während kompliziertere Eichungen und die Zulassungen vom ASMW ausgeführt werden. Betrachtet man die Aktivitäten des Bereichs Meßwesen insgesamt, so kann etwa die Hälfte den Arbeiten zur metrologischen Forschung, einschließlich der internationalen Zusammenarbeit und Erarbeitung von Standards und Vorschriften und die andere Hälfte der Lösung staatlicher Prüfaufgaben, darunter die Anleitung der Meßtechnischen Prüfstellen des ASMW, der metrologischen Inspektionen und der Entwicklung des betrieblichen Meßwesens in den Kombinaten zugerechnet werden.
Abschließend möchte ich noch darauf hinweisen, daß der Fachbereich Meßwesen seine Arbeiten in den „Metrologischen Abhandlungen" regelmäßig publiziert und damit zur Verbreitung neuester Forschungsergebnisse beiträgt.
Wir hoffen aber auch, daß wir mit unserem **Handbuch Meßwesen,** das Sie freundlicherweise ebenfalls in diesem Heft vorstellen, einem breiten Kreis von Meßtechnikern und Meßmittelnutzern bei ihrer Tätigkeit behilflich sein können.

msr:

Frau Dr. WLOKA, Herr Dr. MÖBIUS, Herr Dr. HASCHE, die Redaktion msr dankt Ihnen im Namen ihrer Leser herzlich für die interessanten und informativen Ausführungen zur Arbeit des ASMW und ihres Fachbereiches.

msr 8940 J. WEDE, D. WERNER

Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik. Herausgegeben von H. TÖPFER und W. KRIESEL. 5. stark bearbeitete Auflage. Berlin: VEB Verlag Technik 1988. 588 Seiten, 492 Bilder und Tafeln, 40,—.
Bestell-Nr. 553 605 2

Das in Praxis, Forschung und Lehre eingeführte und bewährte Buch erlebt nunmehr innerhalb von 10 Jahren seine 5. Auflage. Die „stark bearbeitete" Auflage ist in vielen Teilen eine Neubearbeitung. Rein äußerlich unterscheidet sich die erste von der fünften Auflage, von der Farbe des Schutzumschlages abgesehen, kaum, denn der Umfang des Buches änderte sich unbedeutend von 568 auf 588 Seiten. Inhaltlich wurden aber wesentliche Veränderungen und Ergänzungen vorgenommen, um dem technischen Stand Rechnung zu tragen. Innerhalb von 10 Jahren Entwicklung mit sehr hoher Innovation des dargestellten Fachgebietes, insbesondere durch das rasche Vordringen der Mikroelektronik, erweiterte sich auch der Begriff Funktionseinheiten und wird heute sowohl für Hardware- als auch Softwaresysteme angewendet. Dieser Tendenz folgte das Buch und stellt vor allem im Abschnitt 2. „Elektrisch-digitale Funktionseinheiten zur Informationsverarbeitung" eine Reihe von Softwaremodulen dar, die für die digitale Prozeßdatenverarbeitung benötigt werden. Weiterhin wurden die Entwicklungen der 16- und 32-bit-Mikrorechnersysteme, Einchipmikrorechner und Signalprozessoren, Sensoren, Optoelektronik mit Lichtwellenleitern und auch neuartige Anzeigetechniken sowie Ansätze zu künftigen Automatisierungsmitteln auf der Basis intelligenter Meß-, Stell- und Leittechnik berücksichtigt.
Ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis bestätigt die zahlreichen Änderungen gegenüber früheren Auflagen.
In 7 Abschnitten auf etwa 370 Seiten werden elektrisch-analoge als auch elektrisch-digitale Funktionseinheiten zur Informationsverarbeitung, der Ein- und Ausgabe zur Mensch-Maschine-Kommunikation, zur Informationsgewinnung (Meßeinrichtungen), zur elektrischen und optischen Informationsübertragung als auch zur Informationsnutzung (Stellantriebe) behandelt. Die mit der Mikroelektronik gestiegenen Ansprüche an eine zuverlässige Stromversorgung werden in einem besonderen Abschnitt behandelt (Stabilisierungsschaltungen, Schaltnetzteile, Funkentstörung).
In der Neufassung des Buches dominieren die elektrischen Funktionseinheiten. Künftig werden in der Automatisierungstechnik aber auch pneumatische und hydraulische Funktionseinheiten sowie Systemwandler ihren Platz behaupten. Diesen Themenkreisen sind drei Abschnitte gewidmet, die gegenüber den früheren Auflagen ebenfalls überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht wurden.
Der zunehmende technische und wirtschaftliche Zwang zur Automatisierung führte mit dem Mikrorechnereinsatz zu einem Generationswechsel bei Automatisierungsmitteln. Dem damit verbundenen verstärkten Informationsbedürfnis trägt dieses Buch in vorbildlicher Weise Rechnung. Es ist ein Buch, das Übersichten vermittelt. Das umfangreiche Gebiet wird systematisiert und geordnet. Es gibt Einblicke in die verschiedenen Strukturkonzepte und Funktionsprinzipien. Für spezielle und gezielte Einzelanwendungsfälle kann und soll es aber das Studium von Firmenschriften nicht ersetzen.
Das Buch kann allen, die sich mit dem Fragenkomplex der technischen Rationalisierung und Automatisierung zu befassen haben, ob in den klassischen Anwendungsgebieten, wie Chemie und Energie, oder der Fertigungstechnik, einschließlich der Industrierobotersteuerung, den Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen oder im Bauwesen, bestens empfohlen werden.
Es ist für die Aus- und Weiterbildung und vor allem als Nachschlagewerk für in der Praxis stehende Ingenieure und Techniker gut geeignet. B 2380 W. FRITZSCH

Identification of Continuous Systems. Von H. UNBEHAUEN und G. P. RAO. Amsterdam/New York/Oxford/Tokyo: North-Holland 1987. 378 Seiten, 117 Bilder, zahlreiche Tafeln.

Die Schätzung der Parameter zeitdiskreter Modelle kontinuierlicher Systeme stand in den letzten Jahren im Mittelpunkt experimenteller Prozeßanalyse und fand u. a. Anwendung in adaptiven Regelungssystemen. Die Parameter dieser Modelle sind abtastzeitabhängig; die Umrechnung auf eine geänderte Abtastzeit ist ungenau, da die Rückrechnung auf die „wahren" Prozeßparameter schwierig ist. Bei zeitkontinuierlichen Eingangssignalen stellt das Modell nur eine Näherung dar. Der zeitkontinuierliche Charakter des Systems macht aus diesen Gründen eine zeitkontinuierliche Betrachtung erforderlich. Es ist deshalb Anliegen und zugleich das Verdienst der Autoren, die Methoden zur Identifikation kontinuierlicher Systeme zusammenfassend darzustellen, zumal damit zu rechnen ist, daß der erhöhte Rechenaufwand (quasikontinuierliche Signalbetrachtung!) mit steigender Rechnerleistung (u. a. Signalprozessoren) an Bedeutung verliert. Wegen der höheren Flexibilität kommen nur digitale Lösungen in Frage.
Der Erläuterung der Identifikationsmethoden werden die erforderlichen Modell- und Signalbeschreibungen vorangestellt. Die bekannten Methoden zur Identifikation linearer nichtparametrischer Modelle im Zeitbereich (Übergangs- und Gewichtsfunktion) und im Frequenzbereich (Frequenzgang über Leistungsdichtespektrum und Korrelationsfunktion) schließen sich, die nötigen Testsignale (deterministisch, stochastisch, pseudostochastisch) einbeziehend, an. Verfahren zur Bestimmung der Übertragungsfunktion aus der Übergangsfunktion (Wendetangentenverfahren u. ä.) und aus dem gemessenen Frequenzgang (Methode der kleinsten Quadrate) sowie zur Überführung vom Zeit- in den Frequenzbereich runden die Übersicht ab.
Die Schätzung der Parameter kontinuierlicher Systeme würde in herkömmlicher Weise die Kenntnis der Eingangs- und Ausgangsgrößen und deren Ableitungen zu diskreten Zeitpunkten voraussetzen. Da letztere nur bedingt zugänglich sind, wird im folgenden Hauptabschnitt dem Schätzverfahren eine erste Stufe zur Datenvorverarbeitung vorgeschaltet (Modulationsfunktionen, Poisson-Funktionale, Orthogonalfunktionen, lineare Filter) und so die beschreibende Differentialgleichung in eine parameterlineare algebraische Schätzgleichung überführt, auf die die erläuterten Schätzverfahren (Methode der kleinsten Quadrate, Hilfsvariablenmethode, Maximum-Likelihood-Methode) angewendet werden können. Während dabei ein zeitdiskretes Modell durch den Algorithmus abgeglichen wird, werden in einem weiteren Hauptabschnitt kontinuierliche Parallel-, Serien- oder Parallel-/Serienmodelle gemäß Adaptionsgesetzen abgeglichen, die mit der Gradienten-, der Ljapunov-Methode oder der Hyperstabilitätstheorie abgeleitet werden.
Im abschließenden Abschnitt werden die Ansätze verallgemeinert und dabei Mehrgrößensysteme, zeitvariable Parameter, unbekannte Totzeiten, nichtlineare und Systeme mit verteilten Parametern einbezogen.
Verfahren und Zusammenhänge werden in konzentrierter und umfassender Form dargestellt und durch zahlreiche instruktive Rechenbeispiele verdeutlicht. Das Spektrum reicht dabei von älteren bekannten Verfahren bis hin zu aktuellen Ergebnissen. Vermißt werden lediglich Hinweise zur numerischen Abarbeitung kontinuierlicher Algorithmen. Das Buch dürfte gerade durch die Möglichkeit der Identifikation und Analyse kontinuierlicher Prozesse für einen Leserkreis von Interesse sein, der über die automatisierungstechnischen Anwender hinausgeht und Gebiete, wie Chemie, Biologie, Medizin, Ökonomie, Ökologie usw., einschließt.

B 2378 J. WEDE

Temperaturmessung. Von H. NEUMANN und K. STECKER unter Mitwirkung von R. HORCH. Berlin: Akademie-Verlag 1987. 162 Seiten, 62 Bilder, 13 Tafeln, 12,50 M.

Eine Vielzahl grundlegender technischer und technologischer Prozesse ist eng mit thermischen Prozessen gekoppelt. Temperaturmessungen liefern deshalb direkt oder indirekt Informationen zu einem richtigen, sicheren und ökonomischen Prozeßablauf. Obwohl bedingt durch die rasche Entwicklung der Mikroelektronik und Sensortechnik für eine Vielzahl von Temperaturmeßaufgaben industriell gefertigte meist digitale Temperaturmeßsysteme zur Verfügung stehen, ist für spezielle Meßbedingungen und Anforderungen an die Meßunsicherheit ($<0{,}1$ K) die Entwicklung eigener Lösungen erforderlich. Das Taschenbuch vermittelt physikalisches Grundlagenwissen zu den gebräuchlichsten Temperaturmeßverfahren einschließlich einiger Entwicklungsrichtungen der Tieftemperaturmeßtechnik. Ausgehend vom Begriff „Thermodynamische Temperatur" wird im Kapitel 1 die Internationale Praktische Temperaturskale IPTS 68 als Grundlage zur meßtechnischen Sicherstellung der Richtigkeit praktischer Temperaturmessungen erläutert. Die Kapitel 2 bis 6 behandeln, gegliedert in physikalische Grundlagen, technische Realisierung und Fehlerquellen Gas-, Ausdehnungs-, Dampfdruck-, Widerstandsthermometer, Thermoelemente und Strahlungsthermometer. Speziell für die Tieftemperaturmeßtechnik geeignete Thermometer, wie akustische oder magnetische Thermometer werden im Kapitel 8 vorgestellt. Im Kapitel 9 werden Ursachen für systematische Temperaturmeßfehler und Möglichkeiten für deren Abschätzung und Korrektur oder Vermeidung erläutert. Die Publikation vermittelt in gedrängter Form wichtige Grundlagen der praktischen Temperaturmeßtechnik, verweist auf weiterführende Literatur und wendet sich somit sowohl an Theoretiker als auch Praktiker.

B 2287 A. RÜLLICH

Mensch-Maschine-Schnittstelle in Echtzeitsystemen. Von V. RISAK. Wien/New York: Springer-Verlag 1986. 171 Seiten, 37 Bilder.

Das Buch beschreibt in systematischer Form wesentliche Probleme der Mensch-Rechner-Kommunikation unter Echtzeitbedingungen und ist in diesem Sinne für die Aus- und Weiterbildung in Informatik und Automatisierungstechnik geeignet.

Im ersten Teil werden die Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) formuliert. Dabei wird ein deutlicher Bezug zur Anlagenautomatisierung hergestellt. Der zweite Teil beschäftigt sich mit der technischen Realisierung dieser Schnittstelle, wobei Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Prozeßrechentechnik vorausgesetzt werden. Zu begrüßen ist, daß der softwaremäßigen Gestaltung dieser Schnittstelle besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Leider werden Sicherheit und Zuverlässigkeit der MMS als separate Probleme behandelt, ohne sie ausreichend in das Gesamtproblem der Zuverlässigkeit der automatisierten Anlage einzuordnen. Außerdem fehlt, außer einigen verbalen Hinweisen, der Bezug zwischen MMS und Expertensystemen. Im dritten Teil wird der Entwurf der MMS behandelt. Hervorzuheben ist, daß eine Checkliste für den MMS-Entwurf zusammengestellt worden ist, die dann anhand eines Beispiels (Netzleitsystem) erläutert wird. Allerdings fällt zumindest in diesem Teil des Buches auf, daß der Autor nur einen begrenzten Teil der internationalen Fachliteratur in seinem Buch berücksichtigt hat. Das betrifft z. B. Fragen der Projektierung der MMS und der Meßwartengestaltung.

Eine Betrachtung zukünftiger Entwicklungen bildet den Abschluß des Buches. Insgesamt kann dieses Buch, ungeachtet einiger kritischer Bemerkungen, als Einführung in das Gesamtproblem der Mensch-Maschine-Kommunikation in automatisierten Anlagen mit Prozeßrechnern unbedingt empfohlen werden.

B 2237 D. BALZER

Leistungselektronik. Von R. LAPPE, H. CONRAD und M. KRONBERG. Berlin: VEB Verlag Technik 1987. 424 Seiten, 301 Bilder, 21 Tafeln, 32,— M.
Bestell-Nr.: 553 723 1

Leistungselektronik als Teilgebiet der energetischen Elektrotechnik gewinnt zunehmend Bedeutung für die Realisierung moderner technologischer Prozesse und deren Steuerung. Leistungselektronische Bauelemente, die sich zur Zeit in einer raschen Entwicklung befinden, ermöglichen die Steuerung des Energieflusses und bestimmen dadurch, ebenso wie mikroelektronische Schaltkreise, das technische Niveau automatisierter Anlagen wesentlich.

Die Verfasser, im In- und Ausland als Hochschullehrer wohlbekannt, legen ein Lehrbuch der Leistungselektronik vor, das seit langem erwartet wurde und für die Ausbildung im Direkt- und Fernstudium, aber auch als Nachschlagewerk große Bedeutung besitzt. Das Buch umfaßt die Problemkreise der Bauelemente, ihrer Anwendung in netzgelöschten und selbstgelöschten Schaltungen, ihrer Ansteuerung sowie einige Aspekte des Entwurfs von Stromrichtergeräten. Wertvoll sind die zahlreichen Berechnungsbeispiele (mit Lösungen), die die praktische Anwendung der Grundlagen demonstrieren und zugleich reale Größenvorstellungen vermitteln.

Im Abschnitt „Halbleiterventile" (2) werden nach einer knappen Darstellung der physikalischen Grundlagen der Stromleitung im Halbleiter Dioden, Thyristoren, bipolare und MOS-Leistungstransistoren behandelt. Der Herstellungsprozeß der Halbleiterbauelemente wird erläutert, charakteristische Parameter werden angegeben, Probleme der thermischen Ventildimensionierung werden behandelt. Im Abschnitt „Netzgelöschte Stromrichter und Wechselstromsteller" werden die Strom- und Spannungsverläufe in den klassischen Grundschaltungen berechnet. Beanspruchungskenngrößen der Ventile, des vorzuschaltenden Transformators und des Netzes werden angegeben und in einer Tafel zusammengestellt. Neben den mehrpulsigen Mittelpunkt- und Brückenschaltungen wird besonders auch der Einpulsgleichrichter ausführlich behandelt. Einige grundsätzliche Anwendungen werden angegeben.

Im Abschnitt „Selbst- und lastgelöschte Stromrichter" (4) wird als methodisches Hilfsmittel der Zustandsgraph (Petri-Netz) zur Beschreibung der Wirkungsweise der Schaltungen eingeführt. Die Wirkungsweise des idealen Gleichstromstellers und die Berechnung der Löschvorgänge in Gleichstromstellerschaltungen bilden die Grundlage des Abschnittes. Die Erläuterung und Berechnung des strom- und des spannungsgespeisten Wechselrichters baut darauf auf. Einige grundsätzliche Anwendungen werden angegeben.

Im Abschnitt „Steuerung der Stromrichter" (5) werden die Ansteueralgorithmen der Stromrichter und einige Aspekte der gerätemäßigen Umsetzung behandelt. Auch hier dient die Methode des Zustandsgraphen der übersichtlichen Beschreibung der Zusammenhänge. Dazu werden Schaltungsprinzipien angegeben und Treiberschaltkreise in ihrer Wirkungsweise beschrieben.

Der Abschnitt „Stromrichtergeräte und -anlagen" (6) behandelt kurz und grundsätzlich Netzrückwirkungen, Kurzschlußströme, Schutzeinrichtungen, konstruktive Formen und ein Beispiel zur Auslegung von Stromrichtern.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Leistungselektronik verläuft zur Zeit sehr rasch. So ist es nicht verwunderlich, daß einige aktuelle Fragen noch nicht ausreichend behandelt werden konnten. Das betrifft beispielsweise die GTOs, deren Ansteuerung und Beschaltung, die Modultechnik der Ventile und generell neue Kühlverfahren, die die konstruktive Entwicklung der Stromrichter wesentlich beeinflussen oder auch Fragen des rechnergestützten Entwurfs von Stromrichtern.

Das vorgelegte Buch dient der Präzisierung und Systematisierung des Fachgebietes „Leistungselektronik" und damit seiner Weiterentwicklung. Es ist sowohl Studierenden als auch praktisch tätigen Ingenieuren zu empfehlen. Es bleibt zu wünschen, daß der 1. Auflage möglichst rasch eine überarbeitete 2. Auflage folgen kann, die auch Gelegenheit zu einigen aktuellen Ergänzungen bieten würde.

B 2370 R. SCHÖNFELD

Kurzfassungen

HOLUB, H.; MICHAELIS, B.:

Mikrorechnergestütztes Verfahren zur Kalibrierung, Nachkalibrierung und Linearisierung von Meßfühlerkennlinien

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 482–486

Bei der Kalibrierung von Meßfühlern werden zur Approximation der inversen Meßfühlerkennlinie problemspezifische Entwicklungsfunktionen verwendet, die unter Nutzung von A-priori-Information gewonnen wurden. Dadurch läßt sich die Anzahl der erforderlichen Kalibrierwerte stark herabsetzen. Es ergeben sich unkorrelierte Entwicklungskoeffizienten für eine schnell konvergierende Reihe. Eine Nachkalibrierung mit sehr wenigen Meßwerten ist möglich. Die Leistungsfähigkeit des Verfahrens wird an zwei Beispielen demonstriert.

BALZER, D.; KRIESEL, W.; MÜLLER, F.:

Softwaretechnologie, Zuverlässigkeit und Sicherheit

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 486–491

In modernen Produktionsprozessen geht in zunehmendem Maße die Rechentechnik als (programmierbarer) Bestandteil in die Automatisierungssysteme ein. Damit kommt es zu einer beträchtlichen Erhöhung des Anteils der Software am Gesamtaufwand für Vorbereitung und Betreiben der Produktionsprozesse. Der Beitrag vermittelt ein Konzept für automatisierungsspezifische Softwaretechnologien unter spezieller Berücksichtigung von Softwarezuverlässigkeit und -sicherheit.

PICHT, J.:

Softwareproduktionsumgebungen — Stand und Entwicklungstendenzen

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 491–494

Es werden die verschiedenen Ansätze zur Unterstützung einer Softwaretechnologie durch eine Softwareproduktionsumgebung, vor allem in Form von Werkzeugen zur rechnergestützten Arbeit, diskutiert. Dabei werden der sprachorientierte, der methodenorientierte und der komplexe Ansatz charakterisiert und Entwicklungstendenzen hervorgehoben.

ANSPACH, CH.; HOFFMANN, J.; KEIL, R.; SCHNEIDER, H.:

Aufgaben der Organisationsprojektierung unter den Bedingungen der Automatisierung

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 495–501

Die Organisationsprojektierung gewinnt unter den Bedingungen der zunehmenden Automatisierung als methodisches Instrumentarium der Organisationsarbeit zunehmend an Bedeutung. Im Beitrag werden drei Komplexe angeschnitten, die künftig zu beachten sind. Organisationsprojektierung erfordert eine verstärkte strategische Arbeit und ein konsequentes methodisches Vorgehen. Letztlich ist aber Organisationsprojektierung selbst Gegenstand des Einsatzes der Rechentechnik.

VOIGT, G.

Stand und Tendenzen automatisierter Systeme der Leitung in der Industrie

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 502–508

Eine wirksame Automatisierung der Leitung von Betrieben und Kombinaten ist in Systemen mit rechnerintegrierter Fertigung möglich, in denen Prozesse der rechnergestützten, im Mensch-Maschine-Dialog durchgeführten Planung und Leitung enthalten sind.
Grundprobleme des Aufbaus und der Wirkungsweise automatisierter Systeme der Leitung und der Anwendung von Experten- bzw. Beratungssystemen zur Unterstützung der Planungs- und Leitungsprozesse werden beschrieben.

RADTKE, M.:

Block-Frobenius-Normalformen für diskontinuierliche T-Systeme

msr, Berlin 31 (1988) 11, S. 509–512

Im Beitrag werden die Systemklasse der diskontinuierlichen T-Mehrgrößensysteme definiert und ihre Eigenschaften diskutiert. Mit der Einführung einer „Blocktransposition" können Frobenius-Normalformen und Transformationsbeziehungen angegeben werden. Eine alternative identische Form für die Übertragungsmatrix wird berechnet, die für den Reglerentwurf von entscheidender Bedeutung ist. Die Zusammenhänge für Eingrößensysteme sind als Sonderfall enthalten.

Резюме

HOLUB, H.; MICHAELIS, B.:

Метод с применением микровычислителя для калибровки, повторной калибровки и линеаризации характеристик чувствительных элементов

msr, Berlin, 31 (1988) 11, стр. 482–486

При калибровке чувствительных элементов для аппроксимации инверсной характеристики чувствительного элемента применяются функции разработки, специфические для отдельных проблем, полученные при использовании а-прио-ри-информации. Таким образом число требуемых значений калибровки сильно снижается. Получаются некоррелированные коэффициенты разработки для быстро конвергентного ряда. Повторная калибровка с очень небольшим числом значений измерения возможна. Мощность метода продемонстрирована на двух примерах.

BALZER, D.; KRIESEL, W.; MÜLLER, F.:

Технология математического обеспечения, надежность и безопасность

msr, Berlin 31 (1988) 11, стр. 486–491

В современных производственных процессах в растающей мере вычислительная техника входит в системы автоматизации как (программируемая) составная часть. Таким образом получается значительное повышение доли математического обеспечения в общих затратах на подготовку и управление производственными процессами. В статье указан концепт для технологий матобеспечения, специфических для автоматизации, с особым учетом надежности и безопасности матобеспечения.

PICHT, J.:

Окружающая среда производства математического обеспечения — состояние и тенденции развития

msr, Berlin 31 (1988) 11, стр. 491–494

Обсуждены различные подходы поддержки технологии матобеспечения путем окружающей среды производства матобеспечения, прежде всего в виде инструментов для работы с применением вычислительной машины. При этом характеризованы подходы, ориентированные на язык, ориентированные на методы, и комплексный подход и подчеркнуты тенденции развития.

ANSPACH, CH.; HOFFMANN, J.; KEIL, R.; SCHNEIDER, H.:

Задачи организационного проектирования в условиях автоматизации

msr, Berlin 31 (1988) 11, стр. 495–501

Организационное проектирование в условиях растающейся автоматизации в качестве методического инструментария организационного работы приобретает все более значения. В статье упомянуты три комплекса, на которые будут обращаться будущее внимание. Организационное проектирование требует усиленной стратегической работы и консеквентного методического подхода. В конце концов организационное проектирование само является предметом применения вычислительной техники.

VOIGT, G.:

Состояние и тенденции автоматизированных систем управления в области промышленности

msr, Berlin 31 (1988) 11, стр. 502–508

Эффективная автоматизация управления заводами и комбинатами возможна в системах изготовления с интегрированной вычислительной машиной, в которых содержаны процессы планирования и управления при применении вычислителя в диалоге человек — машина. Описаны основные проблемы построения и принципа действия автоматизированных систем управления и применения экспертных систем или систем консультации для поддержки процессов планирования и управления.

RADTKE, M.:

Нормальные формы Блока-Фробениуса для непрерывных систем Т

msr, Berlin 31 (1988) 11, стр. 509–512

В статье определен системный класс непрерывных систем Т со многими величинами и обсуждены их свойства. Введением „блок-транспозиции" могут быть указаны нормальные формы Фробениуса и отношения трансформации. Альтернативная идентичная форма вычисляется для матрица передачи, который является очень важным для проекта регулятора. Как специальный случай указаны связи для систем с одной величиной.

Summaries

HOLUB, H.; MICHAELIS, B.:

Microcomputer-Supported Method for the Calibration, Postcalibration and Linearization of Sensor Characteristics

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 482—486

For approximating the inverse sensor characteristic with the calibration of sensors, problem-specific development functions gained by the use of a priori information are applied. Thus, the number of calibration values required can be considerably reduced. Uncorrelated development coefficients for a rapidly converging series result. A postcalibration by means of a few measurement values is possible. The performance of the method is demonstrated by two examples.

BALZER, D.; KRIESEL, W.; MÜLLER, F.:

Software Technology, Reliability and Safety

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 486—491

With modern production processes the data processing devices are increasingly incorporated as a programmable part into the automation systems. Due to this fact the software costs increase considerably in comparison with the total expense for preparation and running of production processes. The authors deal with a concept for automation-specific software technologies with special consideration of software reliability and safety.

PICHT, J.:

Software Production Environments — State of the Art and Trends

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 491—494

The author discusses the different approaches for supporting a software production environment above all in form of tools for the computer-aided work. With this, the language-oriented, method-oriented as well as the complex approach are characterized and trends are emphasized.

ANSPACH, CH.; HOFFMANN, J.; KEIL, R.; SCHNEIDER, H.:

Problems of Organization Projecting Subject to the Conditions of Automation

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 495—501

Due to the conditions of the growing automation, the projecting of organization becomes more and more important as methodical instrument of the organization work. The authors deal with three domains to be considered in future. The organization projecting requires a more intensive strategical work and a consequent methodical approach. Finally, organization projecting itself proves to be subject to the use of computers.

VOIGT, G.:

State of the Art and Trends of Automated Management Systems in Industries

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 502—508

An efficient automation of the management of factories and concerns is possible in computer-integrated manufacturing systems containing processes of computer-aided dialog-oriented planning and management. The author describes basic problems of the establishment and functioning of automated management systems and of the application of expert and advisary systems, respectively, for the support of the planning and management processes.

RADTKE, M.:

Block-Frobenius Canonical Forms for Discontinuous T-Systems

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 509—512

The author defines the system class of discontinuous T-multivariable systems and discusses their characteristics. By introducing a block transposition, it is possible to obtain Frobenius canonical forms and transformation relations. An alternative identical form for the transfer matrix being important for the controller design is calculated. The relations concerning single-variable systems are contained as a special case.

Résumés

HOLUB, H.; MICHAELIS, B.:

Méthode assistée par micro-ordinateur pour calibrage, postcalibrage et linéarisation des caractéristiques de capteur

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 482—486

Pour l'approximation de la caractéristique inverse de capteur en calibrant des capteurs, on utilise des fonctions de développement problème-spécifiques obtenues à l'aide d'informations à priori. Ainsi, le nombre des valeurs de calibrage exigées est réduit considérablement. Des coefficients de développement non corrélés pour une série rapidement convergeante résultent. Un postcalibrage à l'aide de peu de valeurs de mesure est possible. La performance de la méthode est démontrée par deux exemples.

BALZER, D.; KRIESEL, W.; MÜLLER, F.:

Technologie de logiciel, fiabilité et sûreté

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 486—491

Dans les processus de production modernes, les dispositifs de traitement des données sont de plus en plus incorporés comme partie programmable dans les systèmes d'automatisation. C'est pourquoi, la dépense pour le logiciel est considérablement augmentée en comparaison avec la dépense totale pour la préparation et l'exploitation des processus de production. Les auteurs traitent un concept pour les technologies de logiciel orientées sur l'automatisation en tenant spécialement compte de la fiabilité et de la sûreté de logiciel.

PICHT, J.:

Environnements pour la production de logiciel — l'état présent et les tendances

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 491—494

L'auteur discute les différentes approches pour le support d'une technologie de logiciel par un environnement pour la production de logiciel, surtout en forme d'outils pour le travail assisté par ordinateur. Les approches orientées sur language ou sur méthode ainsi que l'approche complex sont caractérisées et les tendances sont soulignées.

ANSPACH, CH.; HOFFMANN, J.; KEIL, R.; SCHNEIDER, H.:

Problèmes de la conception de l'organisation sous les conditions de l'automatisation

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 495—501

Sous les conditions d'une automatisation accroissante, la conception d'organisation comme instrument méthodique du travail d'organisation devient de plus en plus importante. Les auteurs traitent trois domaines à considerer à l'avenir. La conception d'organisation exige un travail stratégique plus intensif et une approche méthodique conséquente. Enfin, la conception d'organisation elle-même se révèle d'être un sujet de l'emploi des ordinateurs.

VOIGT, G.:

L'état présent et les tendances des systèmes de gestion automatisés dans les industries

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 502—508

Une automatisation efficace de la gestion des usines et des combinats est possibles dans les systèmes de la fabrication à ordinateurs intégrés dans lesquels des processus de la planification et de la gestion assistées par ordinateur en dialogue sont contenus. L'auteur décrit les problèmes fondamentaux de l'établissement et du fonctionnement des systèmes de gestion automatisés ainsi que de l'emploi des systèmes experts et consultatifs pour le support des processus de planification et de gestion.

RADTKE, M.:

Formes canoniques bloc-Frobenius pour les systèmes T discontinus

msr, Berlin 31 (1988) 11, pp. 509—512

L'auteur définit la classe des systèmes T-multidimensionnels discontinus et discute leur caractéristiques. Par l'introduction d'une transposition de bloc, on peut obtenir les formes canoniques Frobenius et les relations de transformation. Une forme identique alternative pour la matrice de transfert étant très importante pour la conception du régulateur est calculée. Les relations pour les systèmes monovariables sont contenues comme un cas spécial.

Neue Bücher aus der UdSSR

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] Demidenko, E.: Optimizacija i regressija (Optimierung und Regression). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (21).

[2] Kandrašina, E.; Litvinceva, L.; Pospelov, D.: Predstavlenie znanij o vremeni i prostranstve v intellektual'nych sistemach (Darstellung von Wissen über Zeit und Raum in intellektuellen Systemen). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (23).

[3] Kim, D.: Metody poiska i issledovanija podvižnych ob'ektov (Suchmethoden und Untersuchung beweglicher Objekte). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (24).

[4] Krut'ko, P.: Obratnye žadaci dinamiki upravljaemych sistem: nelinejnye modeli (Inverse Aufgaben der Dynamik steuerbarer Systeme: nichtlineare Modelle). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (25).

[5] Kuznecov, V.: Predstavlenie v EVM neformal'nych procedur: produkcionnye sistemy (Darstellung nichtformaler Prozeduren auf der EDV-Anlage: Produktionssysteme). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (26).

[6] Novosel'cev, V.: Organizm v mire techniki: kibernetičeskij aspekt (Organismus in der Welt der Technik: kybernetischer Aspekt). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (27).

[7] Savčuk, V.: Bajesovskie metody statističeskogo ocenivanija. Nadežnost' techničeskich ob'ektov (Bayessche Methoden der statistischen Schätzung. Zuverlässigkeit technischer Objekte). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (28).

[8] Calenko, M.: Modelirovanie semantiki v bazach dannych (Modellierung der Semantik in Datenbanken). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (30).

[9] Černous'ko, F.; Bolotnik, N.; Gradeckij, V.: Problemy dinamiki manipuljacionnych robotov (Probleme der Dynamik von Manipulationsrobotern). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (31).

[10] Judin, D.: Vyčislitel'nye metody teorii prinjatija rešenij (Rechentechnische Methoden der Entscheidungstheorie). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (32).

[11] Abramov, S.; Zima, E.: Osnovy informatiki (Grundlagen der Informatik). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (33).

[12] Gridin, V.: Teoretičeskie osnovy postroenija bazovych adaptiruemych komponent SAPR RZA (Theoretische Grundlagen der Entwicklung von adaptiven Basiselementen des CAD RZA). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (35).

[13] Dedkov, A.: Abstraktnye tipy dannych v jazyke AT-PASKAL' (Abstrakte Datentypen in der Sprache AT-PASCAL). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (36).

[14] Dejt, K.: Vvedenie v sistemy baz dannych (Einführung in Datenbanksysteme. Übers. aus dem Engl.). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (37).

[15] Kaliničenko, L.; Ryvkin, V.: Processory baz dannych (Datenbankprozessoren). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (39).

[16] Kotov, V.; Savel'fel'd, V.: Teorija schem program (Theorie der Programm-Schemata). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (40).

[17] Cymbal, V.: Informacionnyj krizis i informatika (Informationskrise und Informatik). Izd-vo Kiev. un-ta (USSR). 2. Quart. 1989. NK 88-12 (44).

[18] Bogoljubov, N.; Sadovnikov, B.; Šumovskij, A.: Matematičeskie metody statističeskoj mechaniki model'nych sistem (Mathematische Methoden der statistischen Mechanik von Modellsystemen). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (50).

[19] Leman, E.: Teorija statističeskich ocenok (Theorie statistischer Schätzungen. Übers. aus dem Engl.). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (61).

[20] Minu, M.: Matematičeskoe programmirovanie. Teorija i algoritmy (Mathematische Optimierung. Theorie und Algorithmen. Übers. aus dem Franz.). Nauka. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (64).

[21] Sucharev, A.: Minimaksnye algoritmy v zadačach čislennogo analiza (Minimax-Algorithmen in Aufgaben der numerischen Analysis). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (70).

[22] Klevickij, G.; Chejfec, V.: Personal'naja EVM proektirovščika (Personalcomputer für den Projektanten). Techn. Strojizdat. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (141).

[23] Kovalevskij, G.: Sistemnyj analiz ispol'zovanija rezervov stroitel'nych organizacij (Systemanalyse der Reserven in Bauorganisationen). Techn. Strojizdat. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (142).

[24] Kibernetika i vyčislitel'naja technika. Vyp. 5 (Kybernetik und Rechentechnik. Ausg. 5). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (273).

[25] Matematičeskie voprosy kibernetiki Vyp. 2 (Mathematische Fragen der Kybernetik. Ausg. 2). Nauka. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (274).

[26] Modeli i sistemy obrabotki informacii. Vyp. 8 (Modelle und Systeme der Informationsverarbeitung. Ausg. 8). Izd-vo Kiev. un-ta. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (278).

[27] Kuzin, L.: Osnovy kibernetiki. Mat. osnovy kibernetik (Grundlagen der Kybernetik. Mathematische Grundlagen der Kybernetik). Energoatomizdat. 3. Quart. 1989. NK 88-12 (362).

[28] Lekcii po teorii grafov (Vorlesungen zur Graphentheorie). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (367).

[29] Pil'ščikov, V.: Sbornik upražnenij po jazyku PASKAL' (Aufgabensammlung zu PASCAL). Nauka. 4. Quart. 1989. NK 88-12 (378).

[30] Popov, E.: Teorija linejnych sistem avtomatičeskogo regulirovanija u upravlenija (Theorie linearer Systeme der automatischen Regelung und Steuerung). Nauka. 2. Quart. 1989. NK 88-12 (379).

[31] Jastrebeneckij, M.; Ivanova, G.: Nadežnost' avtomatizirovannych sistem upravlenija technologičeskimi processami (Zuverlässigkeit automatisierter Systeme der Steuerung technologischer Prozesse). Energoatomizdat. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (400).

[32] Rejl'jan, Ja.: Analitičeskaja osnova prinjatija upravlenčeskich rešenij (Analytische Grundlagen der Entscheidungsfindung). Finansy i statistika. 1. Quart. 1989. NK 88-12 (42).

[33] Bereščanskij, D.: Praktičeskoe programmirovanie na dBASE (Praktische Programmierung in dBase). Finansy i statistika. 2. Quart. 1989. NK 88-13 (108).

[34] Blend, G.: Osnovy programmirovanija na jazyke Bejsik v standarte MSX (Grundlagen der Programmierung in BASIC im Standard MSX. Übers. aus dem Engl.). 3. Quart. 1989. NK 88-13 (109).

[35] Bojko, V.; Savinikov, V.: Proektirovanie baz dannych informacionnych sistem (Projektierung von Datenbanken für Informationssysteme). Finansy i statistika. 1. Quart. 1989. NK 88-13 (110).

[36] Džons, Z.; Charrou, K.: Rešenie zadač v sisteme TURBO PASKAL' (Aufgabenlösung in TURBO PASCAL). Finansy i statistika. 4. Quart. 1989. NK 88-13 (114).

[37] Džonston, G.: Učites' programmirovat' (Lernen Sie zu Programmieren. Übers. aus dem Engl.). Finansy i statistika. 2. Quart. 1989. NK 88-13 (115).

msr 8932

Impressum

messen · steuern · regeln

Herausgeber: Kammer der Technik, Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA)

Verlag: VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, DDR-1020, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin; Telefon 2 87 00; Telex: 011 222 8 techn dd

Verlagsdirektor: Dipl.-Ing. Klaus Hieronimus

Redaktion: Dr.-Ing. Dietrich Werner, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2 87 03 62)

Dr.-Ing. Jürgen Wede, Redakteur (Telefon: 2 87 03 74)

Gestaltung: Veronika Becker

Lizenz-Nr.: 1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

AN (EDV): 15 936

Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft

Heftpreis: 4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebs BUCHEXPORT zu entnehmen

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", Bad Langensalza, 5820

Anzeigenannahme: Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201, Berlin, 1020. Anzeigenpreisliste Nr. 7; Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, Hermann-Duncker-Str. 89, Berlin, DDR-1157

Rechtsvorbehalt: Nachdrucke, Übersetzungen sowie Vervielfältigung jeglicher Art von vollständigen oder auszugsweisen Text- oder Bildbeiträgen bedürfen der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages. Referate, Besprechungen und genehmigte Vervielfältigungen sind nur mit genauer Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort ist der Sitz des Verlages in Berlin-Mitte.

Bezugsmöglichkeiten:

DDR: sämtliche Postämter

SVR Albanien: Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Bruga Konference e Pezes, Tirana

VR Bulgarien: Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia

VR China: China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88, Beijing

ČSSR: PNS — Ústřední Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezska 11, 12000 Praha 2; PNS, Ústredná Expedicia a Dovoz Tlaće, Posta 002 885 47 Bratislava

SFR Jugolawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarako Produzeče MLADOST, Ilica 30, Zagreb

Koreanische DVR: CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang

Republik Kuba: Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana

VR Polen: C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa

SR Rumänien: D.E.P. Bukureşti, Piaţa Scienteii, Bukureşti

Ungarische VR: P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest

UdSSR: Städtische Abteilungen von Sojuzpečat oder Postämter und Postkontore

SR Vietnam: XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi

BRD und Berlin (West): ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30

Österreich: Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge

Schweiz: Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstraße 109, 8033 Zürich

Alle anderen Länder: örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, Postfach 160, Leipzig, DDR-7010 und Leipzig Book Service, Talstraße 29, Leipzig, DDR-7010.

Abnahmebedingungen:

Die Redaktion veröffentlicht nur Originalbeiträge. Für Nachdrucke, Übersetzungen oder Vervielfältigungen jeglicher Art gilt der Rechtsvorbehalt. Die Redaktion behält sich Änderungsvorschläge bei der Beitragsbearbeitung vor. Die Beiträge müssen generell mit einer Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes oder der Institution der Autoren versehen sein.

Bei der Anfertigung von Beiträgen sind unbedingt die Manuskripthinweise zu beachten. Diese sind dem Heft 5/1988, S. 237, zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung der Manuskripthinweise bildet die Voraussetzung für eine zügige und sachgerechte Beitragsbearbeitung.

18. Weiterbildungskurse (vormals Herbstkurse) Technische Kybernetik

Vom 6. bis 10. Februar 1989 finden an der Technischen Universität Dresden die o. g. Weiterbildungskurse der Kooperationsgemeinschaft „Technische Kybernetik" und der WGMA in der KDT statt.

Inhaltliche Schwerpunkte:

— Sicherheit und Zuverlässigkeit von automatisierten Systemen
(Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. rer. nat. *K. Reinschke*)
— Prozeßüberwachung und Prozeßsicherung in technologischen Anlagen
(Prof. Dr. sc. techn. *F. Baldeweg*)
— Prozeßleitsysteme
(Doz. Dr.-Ing. *G. Reinig*)
— Probleme der Fertigungsautomatisierung
(Prof. Dr. sc. techn. *J. Schaller*)

Anfragen zu den 18. Weiterbildungskursen richten Sie bitte an

Prof. Dr. sc. techn. *R. Strietzel*
Technische Universität Dresden
Sektion Informationstechnik
Bereich Automatisierungstechnik
Mommsenstr. 13
Dresden
8027
Tel.: Dresden 4633268, 4634025.

ASMW-Handbuch Meßwesen

Richtiges Messen ist entscheidend für die Erzeugnisqualität und gewinnt ständig an Bedeutung.
Zwei Aufgaben stehen beim Messen im Vordergrund:
die Sicherung der Messung der Qualitätsparameter von Erzeugnissen und eingesetzten Technologien einschließlich Sicherung des Maßanschlusses an die Hauptnormale des Kombinates bzw. an die höchsten Normale der DDR im ASMW und die Sicherung einer bedarfsdeckenden Produktion und Bereitstellung der erforderlichen Meß- und Prüftechnik.
Gleichzeitig ist es aber notwendig, die Entwicklung erzeugnis- und prozeßspezifischer Meßtechnik im Rationalisierungsmittelbau der Kombinate und Betriebe zu fördern und zu unterstützen.
Mit dem 3bändigen ASMW-Handbuch Meßwesen (Hrsg.: Fachbereich Meßwesen des ASMW) wird den Leitern und Mitarbeitern in Kombinaten, Betrieben und Einrichtungen, aber auch Lehrern, Dozenten und Studenten in technischen und ökonomischen Fachrichtungen die genaue Kenntnis und exakte Anwendung einschlägiger Rechtsvorschriften, staatlicher Standards und anderer normativ-technischer Dokumente sowie Hinweise für die Organisation des Meßwesens vermittelt.
Das Handbuch ist wie folgt gegliedert:

Band 1

Teil A	Grundlegende Rechtsvorschriften
Teil B	Grundlagenstandards Meßwesen

Band 2

Teil C	Informationen betriebliches Meßwesen
Teil D	Ausgewählte Standards zum Meßwesen

Band 3

Teil E	Grundlagendokumente für die Zusammenarbeit der RGW-Länder auf dem Gebiet der Metrologie
Teil F	Verzeichnis der meßtechnischen Prüfstellen des ASMW
Teil H	Bekanntmachungen über die Zulassung von Meßmittelbauarten
Teil I	Bekanntmachungen über die gegenseitige Anerkennung der staatlichen Zulassung von Meßmittelbauarten und die Eichung von Meßmitteln
Teil K	Gebührenordnung — Meßwesen
Teil L	Nachnutzbare meßtechnische Lösungen.

Das ASMW-Handbuch Meßwesen (3 Bände) kann zum Preis von 68,54 M beim

Verlag für Standardisierung
Abt. Absatz
Postfach 840
Wallstr. 16
Berlin
1020

bezogen werden.

Rahmenvereinbarung zwischen dem FA 1 im Fachverband Elektrotechnik der KDT und dem VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau Berlin

Hunderte rechtsverbindliche Bestimmungen für Errichtung und Betrieb elektrotechnischer Anlagen sind im Standardkomplex TGL 200-0601 bis 200-0655 und weiteren Standards festgelegt. Diese wichtigen Festlegungen regeln grundlegende Fragen zu Gestaltung, Bemessung, technischer Sicherheit sowie Umwelt-, Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz von elektrotechnischen Anlagen aller Stromarten und Spannungsebenen.
Für Erarbeitung, Überprüfung und Aktualisierung dieser staatlichen Standards sind einerseits die als Planbeauftragte verantwortlichen Kombinate/Institutionen und andererseits der Fachausschuß 1 „Errichtung und Betrieb elektrotechnischer Anlagen" (FA 1) mit seinen 19 Fachunterausschüssen (FUA) zuständig. Die Rahmenvereinbarung zwischen diesen beiden Seiten wurde jetzt den strukturellen Veränderungen entsprechend überarbeitet und durch die Unterschriften des Vorsitzenden des FA 1 der KDT und des Generaldirektors des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau Berlin in einer Neufassung mit Wirkung vom 1. Juni 1988 in Kraft gesetzt.
Einen Überblick über den o. g. Standardkomplex mit Angaben zu Standard-Nummer, Standard-Titel, zu verantwortlicher Institution und fachlich zuständigem Fachunterausschuß (Benennung, Vorsitzender/Dienstanschrift) veröffentlicht der FA 1 im Heft 11/1988 des „Elektro-Praktiker".
Gemäß der Rahmenvereinbarung beantworten die zuständigen FUA auch spezielle Anfragen zu den jeweiligen Standards. Anträge auf Ausnahmegenehmigungen zur Abweichung von Standards sind dagegen stets an die verantwortliche Institution zu richten. Der Überblick erleichtert es, mit Anfragen zu praktischen Problemen an den Vorsitzenden des zuständigen FUA heranzutreten bzw. erforderliche Ausnahmegenehmigungen bei der verantwortlichen Institution einzureichen.
Die genannte Rahmenvereinbarung kann als Musterbeispiel für eine effektive Zusammenarbeit zwischen Kombinaten und den Fachausschüssen/Fachunterausschüssen der KDT gelten.

H. R. Besser, Vorstandsmitglied des FA 1 und Mitglied der Kommission für Standardisierung im FV Elektrotechnik der KDT

Serielle Kopplung von Kompaktreglern und speicherprogrammierbaren Steuerungen

Über serielle Schnittstellen können der Universalregler und die Multifunktionseinheit der Reihe TELEPERM D und der Kompaktregler SIPART DR 20 der Fa. *Siemens* (jeweils auch als Stand-alone-Gerät) an der speicherprogrammierbaren Steuerung SIMATIC S5 de gleichen Firma betrieben werden.
Der Kommunikationsprozessor CP 525-2 ermöglicht mit den entsprechenden Leitungstreibern den Datenverkehr mit bis zu 32 Kompaktreglern in beliebiger Zusammenstellung. Für die Kommunikation mit dem System SIMATIC S5 (Varianten 115 U, 135 U und 150 U) steht das Softwarepaket SIPART SW S5 zur Verfügung. Für das System SIMATIC S5 sind Funktionsbausteine erhältlich, über die der Anwender den Datenaustausch steuern kann (Monitor, Tastatur, Drucker usw.).

ISSN 0026-0347, mess., steuern, regeln
Berlin 31 (1988) 11, S. 481—528

15956 11 159 540 064
APW
4073 7001 1400 SHAT 11/10

Neuerscheinungen und Nachauflagen

Rechnergestützte Qualitätssicherung

Von Prof. Dr.-Ing. habil Dietrich Hofmann
1. Auflage. 288 Seiten, 124 Tafeln, Leinen, DDR 30,— M, Ausland 40,— DM. Bestellangaben: 5537442/Hofmann, Qualitätssicher.
Behandelt wird die rechnergestützte Qualitätssicherung CAQ (computer-aided quality assurance), wobei sich die enge Verknüpfung zwischen Information, Qualität und Meßtechnik INQUAMESS als neue vereinheitlichende Grundkonzeption außerordentlich bewährt hat.
Der Leser gewinnt eine schnelle Übersicht und vertiefendes Wissen zu volkswirtschaftlichen Zielen und materiell-technischen sowie personellen Voraussetzungen der rechnergestützten Qualitätsarbeit, zu praktischen Maßnahmen der rechnergestützten prüfplanerischen, prüfstrategischen, metrologischen, prüftechnischen, konstruktionstechnischen, fertigungstechnischen und ökonomischen Qualitätssicherung bis hin zu ersten Vorstellungen über künftige intelligente wissensbasierte Qualitätssicherungssysteme.

Elektrische Antriebstechnik

Von Prof. Dr. sc. techn. Johannes Vogel u. a.
4., stark bearbeitete Auflage. 416 Seiten, 303 Bilder, 28 Tafeln, Leinen, DDR 25,50 M, Ausland 40,— DM. Bestellangaben: 5538904/Vogel, El. Antriebstechnik
Das Lehrbuch vermittelt Kenntnisse über die Wirkungsweise und das Verhalten elektrischer Antriebe für eine technisch-ökonomisch begründete Auswahl und Dimensionierung. Die einzelnen Abschnitte sind gegliedert in der Reihenfolge Anforderungen aus dem technologischen Prozeß — Bestimmung der Schaltungsstruktur — Auswahl und Dimensionierung der Bauglieder des Leistungs- und Informationsteils.
In allen Abschnitten wurden Aktualisierungen nach dem neuesten Stand der Technik vorgenommen, z. B. die leistungselektronischen Stellglieder und die digitale Antriebsregelung betreffend.

Rauschen als Information

Von Dr.-Ing. Wolfgang Denda
Reihe Informationselektronik. 1. Auflage. 188 Seiten, 118 Bilder, Broschur, DDR 19,— M, Ausland 24,— DM. Bestellangaben: 5539085/Denda, Rauschen
Das Rauschen wird in dieser Broschüre nicht vorrangig als Störgröße, sondern als Meßgröße zur Informationsgewinnung über den Gütezustand eines elektronischen Bauelementes oder Gerätes betrachtet. Dazu legt der Autor in praxisbezogener Form eine moderne Rauschmeßtechnik und Rauschanalyse dar. Diese Problematik wird mit dem umfassenden Einsatz der Mikrorechner zur Meßwertverarbeitung in den nächsten Jahren enorm an Bedeutung zunehmen.

Oszillatoren

Von Dr. sc. techn. Günter Kurz
Reihe Informationselektronik. 1. Auflage. 160 Seiten, 132 Bilder, 4 Tafeln, Broschur, DDR 16,50 M, Ausland 22,— DM. Bestellangaben: 5539077/Kurz, Oszillatoren
Mit dieser kurzgefaßten, aber dennoch geschlossenen Abhandlung der Oszillatorproblematik wird der Leser mit den erforderlichen Grundlagen, der Schaltungstechnik und der Entwurfsmethodik von Festfrequenzoszillatoren, frequenzvariablen Oszillatoren sowie Funktionsgeneratoren vertraut gemacht. Der Schwerpunkt liegt auf einer praxisnahen Darstellung. Der Inhalt ist so aufgebaut, daß er vorteilhaft auch in der Lehre nutzbar ist.

Handbuch der Mikroskopie

Herausgegeben von Dr.-Ing. Hermann Beyer und Dr. rer. nat. Horst Riesenberg
3., stark bearbeitete Auflage. 495 Seiten, 410 Bilder, 30 Tafeln (davon 15 mehrfarbig), Leinen, DDR 48,50 M, Ausland 70,— DM. Bestellangaben: 5537434/Beyer, Mikroskopie
Mit bewährter Grundkonzeption, jedoch stark überarbeitet, ist die 3. Auflage des Handbuchs in methodischer und technischer Hinsicht auf dem allerneuesten Stand. Es führt sowohl in die Grundlagen der Lichtmikroskopie als auch in verschiedene mikroskopische Teildisziplinen ein und ist damit ein wertvolles Nachschlagewerk für alle Wissenschaftler und Techniker, die mit dem Mikroskop arbeiten.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN